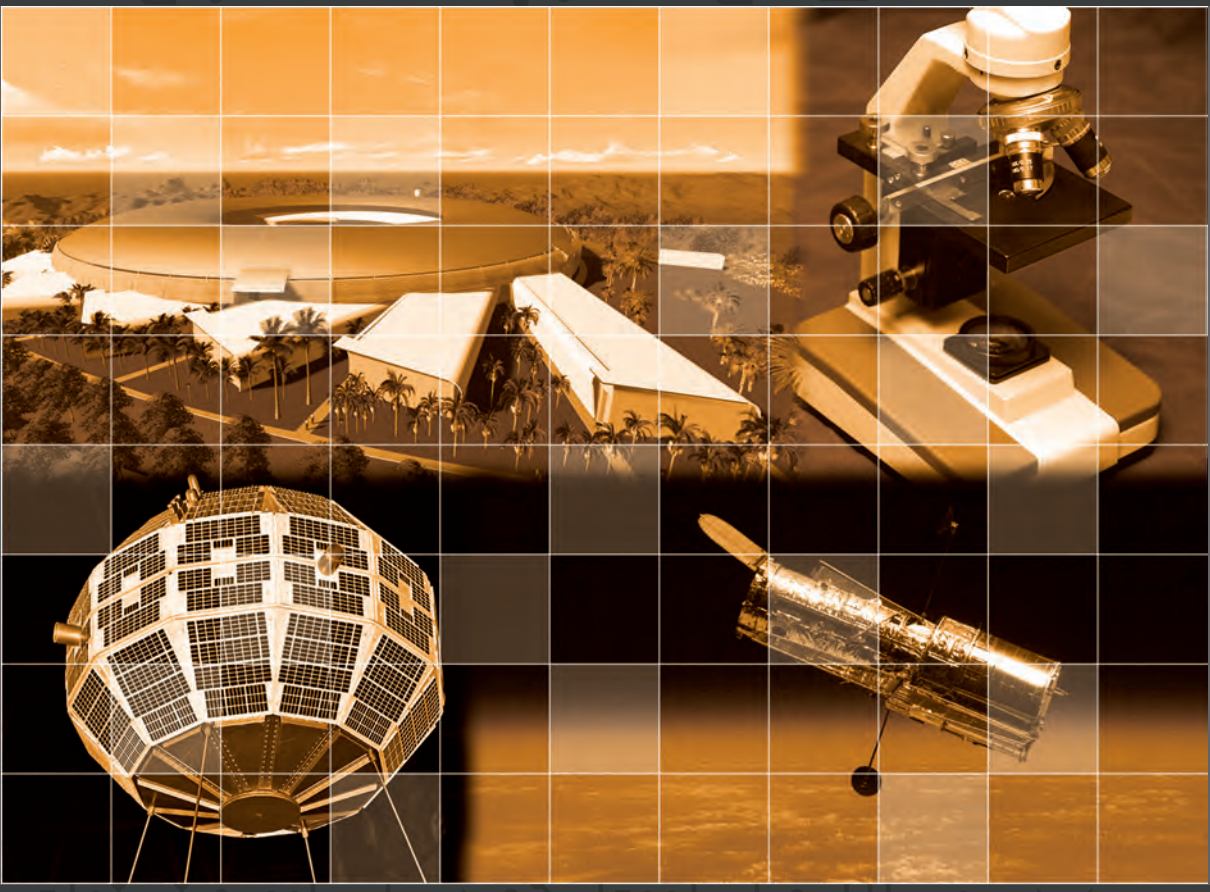
SISTEMAS SETORIAIS DE INOVAÇÃO E INFRAESTRUTURA DE PESQUISA NO BRASIL



Finep
INOVAÇÃO E PESQUISA

CNPq

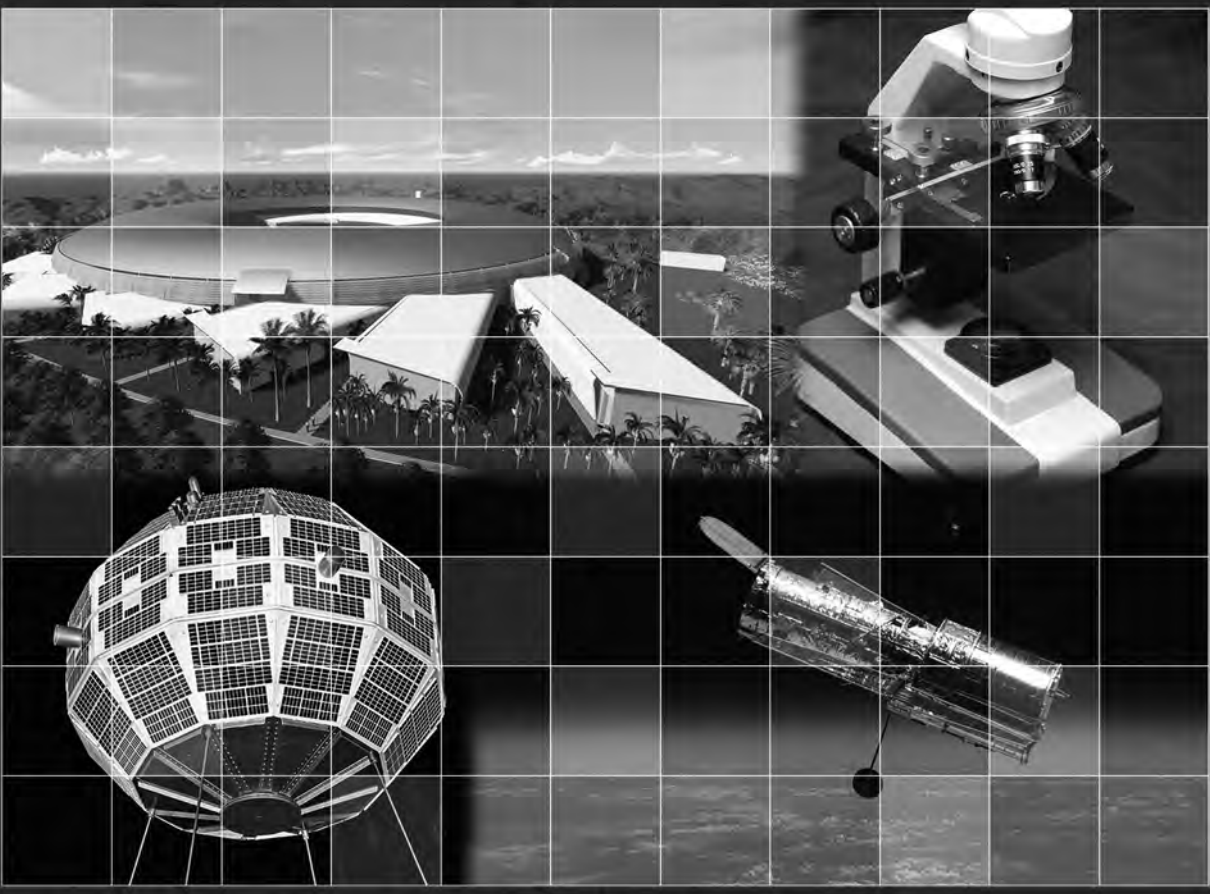
Organizadoras

Fernanda De Negri

Flávia de Holanda Schmidt Squeff

ipea

SISTEMAS SETORIAIS DE INOVAÇÃO E INFRAESTRUTURA DE PESQUISA NO BRASIL



Finep
INOVAÇÃO E PESQUISA

CNPq

Organizadoras
Fernanda De Negri
Flávia de Holanda Schmidt Squeff

ipea

Governo Federal

Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão
Ministro Valdir Moysés Simão

ipea **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**

Fundação pública vinculada ao Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, o Ipea fornece suporte técnico e institucional às ações governamentais – possibilitando a formulação de inúmeras políticas públicas e programas de desenvolvimento brasileiro – e disponibiliza, para a sociedade, pesquisas e estudos realizados por seus técnicos.

Presidente
Jessé José Freire de Souza

Diretor de Desenvolvimento Institucional
Alexandre dos Santos Cunha

Diretor de Estudos e Políticas do Estado, das Instituições e da Democracia
Roberto Dutra Torres Junior

Diretor de Estudos e Políticas Macroeconômicas
Cláudio Hamilton Matos dos Santos

Diretor de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais
Marco Aurélio Costa

Diretora de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação, Regulação e Infraestrutura
Fernanda De Negri

Diretor de Estudos e Políticas Sociais
André Bojikian Calixtre

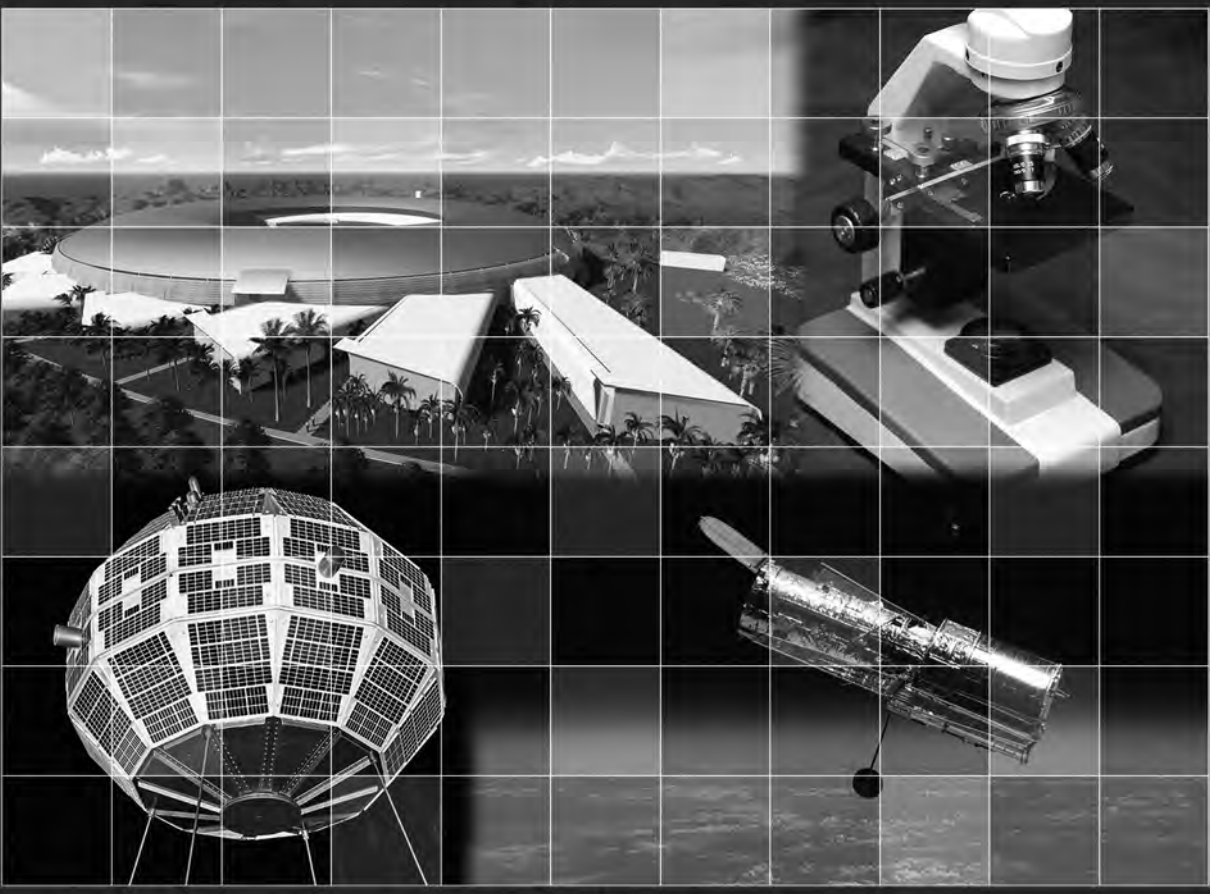
Diretor de Estudos e Relações Econômicas e Políticas Internacionais
José Eduardo Elias Romão

Chefe de Gabinete
Fabio de Sá e Silva

Assessor-chefe de Imprensa e Comunicação
Paulo Kliass

Ouvidoria: http://www.ipea.gov.br/ouvidoria
URL: http://www.ipea.gov.br

SISTEMAS SETORIAIS DE INOVAÇÃO E INFRAESTRUTURA DE PESQUISA NO BRASIL



Finep
INOVAÇÃO E PESQUISA

CNPq

Organizadoras
Fernanda De Negri
Flávia de Holanda Schmidt Squeff

ipea
Brasília, 2016

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – **ipea** 2016

Esta publicação é resultado do convênio número 01 13 0298 00, celebrado entre a Financiadora de Estudos e Projetos, a Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa, a Universidade Federal de Minas Gerais e o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada e publicado no DOU nº 235 de 04/12/2013.

Sistemas setoriais de inovação e infraestrutura de pesquisa no Brasil / organizadoras: Fernanda De Negri, Flávia de Holanda Schmidt Squeff. – Brasília : IPEA : FINEP : CNPq, 2016.
637 p. : gráfs. color.

Inclui Bibliografia.

ISBN: 978-85-7811-268-4

1. Inovações. 2. Infraestrutura. 3. Pesquisa. 4. Ciência e Tecnologia. 5. Brasil. I. De Negri, Fernanda. II. Squeff, Flávia de Holanda Schmidt. III. Financiadora de Estudos e Projetos (Finep). IV. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). V. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA).

CDD 352.745

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

SUMÁRIO

ANTECEDENTES E AGRADECIMENTOS 7

APRESENTAÇÃO 9

INTRODUÇÃO 11

CAPÍTULO 1
O MAPEAMENTO DA INFRAESTRUTURA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA NO BRASIL 15
Fernanda De Negri
Flávia de Holanda Schmidt Squeff

CAPÍTULO 2
SISTEMA SETORIAL DE INOVAÇÃO EM DEFESA: ANÁLISE DO CASO DO BRASIL 63
Flávia de Holanda Schmidt Squeff

CAPÍTULO 3
A INFRAESTRUTURA CIENTÍFICA EM SAÚDE 115
Thiago Caliari
Márcia Siqueira Rapini

CAPÍTULO 4
SISTEMA DE INOVAÇÃO NO SETOR AERONÁUTICO: DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA O BRASIL 169
Zil Miranda

CAPÍTULO 5
CARACTERÍSTICAS DA INFRAESTRUTURA DE PESQUISA EM ENERGIAS RENOVÁVEIS NO BRASIL 229
Gesmar Rosa dos Santos

CAPÍTULO 6
A INFRAESTRUTURA TECNOLÓGICA DO SETOR DE TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NO BRASIL 271
João Maria de Oliveira

CAPÍTULO 7
INFRAESTRUTURA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DO SETOR DE PETRÓLEO E GÁS NATURAL NO BRASIL 315
José Mauro de Morais
Lenita Turchi

CAPÍTULO 8
INFRAESTRUTURA DE PESQUISA VOLTADA PARA A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL 367
Jean Marlo Pepino de Paula

CAPÍTULO 9
A ESTRUTURA DO SISTEMA DE INOVAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS NO BRASIL 419
Bernardo Campolina

CAPÍTULO 10
INFRAESTRUTURA DE PESQUISAS E PRODUTIVIDADE CIENTÍFICA DOS PESQUISADORES BRASILEIROS 465
Sérgio Kannebley Júnior
Renata de Lacerda Antunes Borges

CAPÍTULO 11
A PRESENÇA DE CONHECIMENTO COM PERFIL INOVADOR NAS INFRAESTRUTURAS CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS NO BRASIL 495
Pedro Miranda
Graziela Zucoloto

CAPÍTULO 12
SERVIÇOS TECNOLÓGICOS 519
Luis Fernando Tironi

CAPÍTULO 13
COOPERAÇÃO PARA P&D E INOVAÇÃO: EVIDÊNCIA EMPÍRICA PARA O USO DE INFRAESTRUTURA LABORATORIAL 543
Gilson Geraldino Silva Júnior

CAPÍTULO 14
POLÍTICAS DE CT&I E FINANCIAMENTO PÚBLICO À INFRAESTRUTURA D E C&T: COMPARAÇÕES INTERNACIONAIS E MAPEAMENTO DA INFRAESTRUTURA NACIONAL 581
Marcos Arcuri

CAPÍTULO 15
ÁREAS DE MAIOR ESPECIALIZAÇÃO CIENTÍFICA DO BRASIL E IDENTIFICAÇÃO DE SUAS ATUAIS INSTITUIÇÕES LÍDERES 617
Paulo A. Meyer M. Nascimento

ANTECEDENTES E AGRADECIMENTOS

Entre 2008 e 2009 o Ipea desenvolveu, a pedido do então Ministério de Ciência e Tecnologia (atual Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI), um amplo diagnóstico sobre o funcionamento e a efetividade dos fundos setoriais, que constituem o maior fundo público para o suporte à ciência e tecnologia (C&T) no Brasil. Um dos fundos analisados naquele momento foi o fundo de infraestrutura (CT-Infra), criado para viabilizar a modernização e ampliação da infraestrutura de pesquisa no país. Uma das dificuldades no processo de avaliação do CT-Infra e de seus efeitos sobre a modernização da infraestrutura de pesquisa foi a completa ausência de informação sobre a infraestrutura disponível no país.

Essa lacuna de dados dificulta tanto o processo de avaliação das políticas públicas quanto a sua formulação e planejamento. Todos os anos, a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) lançam editais para apoiar investimentos em infraestrutura de pesquisa sem qualquer orientação quanto a prioridades, tampouco avaliação sobre quais seriam as necessidades mais urgentes de investimento. Pesquisadores e empresários, por sua vez, dependem unicamente de sua rede de contatos para saber quais seriam os laboratórios qualificados para realizar determinadas atividades (experimentos, análises, projetos de pesquisa etc.).

A fim de tentar suprir tal lacuna, a primeira etapa deste projeto (etapa piloto) foi realizada em 2012, a partir de um levantamento sobre a infraestrutura disponível nas instituições de pesquisa vinculadas ao MCTI.[1] Este primeiro levantamento tinha o objetivo de fazer um diagnóstico sobre as instituições vinculadas ao MCTI e de testar e validar o questionário que seria posteriormente aplicado a um conjunto maior de instituições de pesquisa.

Esse projeto piloto deu origem a um trabalho mais extenso de diagnóstico da infraestrutura de pesquisa científica e tecnológica disponível no país, que foi então articulado em 2013 entre o MCTI, o CNPq e a Finep, em parceria com o Ipea. Dentro desse esforço mais amplo, o mapeamento da infraestrutura do país foi realizado incorporando, além das unidades de pesquisa do MCTI, universidades e centros de pesquisa públicos e privados.

1. A elaboração do questionário e a realização do levantamento foram feitos no âmbito da Assessoria de Acompanhamento e Avaliação (ASCAV) da Secretaria Executiva do ministério. Os resultados dessa etapa piloto foram apresentados em: De Negri, F. *et al. Infraestrutura de pesquisa no MCTI*: um diagnóstico das instituições de pesquisa vinculadas ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2012. Mimeografado; e De Negri, F.; Cavalcante, L. R.; Alves, P. *Relações universidade-empresa no Brasil*: o papel da infraestrutura pública de pesquisa. Brasília: Ipea, 2013. (Texto para Discussão, n. 1901). Disponível em: <http://goo.gl/F7nuVj>.

Nesse sentido, as informações utilizadas neste trabalho são resultado de uma articulação institucional muito vasta e profícua que envolveu, durante mais de dois anos, vários profissionais nos três órgãos envolvidos. O MCTI elaborou a primeira versão do questionário e o testou junto aos institutos de pesquisa vinculados ao ministério. O CNPq desenvolveu todo o sistema informatizado utilizado para coletar e armazenar as informações dos laboratórios – no novo diretório de instituições –, e o Ipea ficou responsável pelo levantamento das instituições que participariam da pesquisa, pelo acompanhamento e suporte ao preenchimento do formulário, e pelo tratamento final e análise das informações coletadas. Ademais, as três instituições participaram de todo o processo de elaboração dos conceitos que nortearam o desenvolvimento do projeto, assim como das questões que fariam parte do questionário. Esta nota é a primeira entre várias análises que serão realizadas com base nessas informações. Nesse sentido, os resultados apresentados aqui são fruto do esforço de toda a equipe técnica envolvida no projeto: *i)* no MCTI, Gustavo Vasconcelos, Flavio Bittencourt, Públio Ribeiro, Márcio Bezerra e Sergio Britto; *ii)* no CNPq: Geraldo Sorte, Viviane Alves e Anna Karina Andrade; e *iii)* no Ipea: Fernanda De Negri, Flavia Schmidt Squeff, Lenita Turchi, João Maria de Oliveira, Marcos Arcuri, Fabio Fernandez, Debora Penha, João Renato Falcão e Paulo Dourado, além dos pesquisadores que farão análises específicas utilizando as informações coletadas no projeto.

Importante registrar também os agradecimentos a todas as unidades de pesquisa do MCTI que participaram do teste da primeira versão do questionário, ainda em 2012, bem como a todos os pesquisadores que preencheram as informações solicitadas no diretório de instituições do CNPq durante o segundo semestre de 2013.

APRESENTAÇÃO

Quantos são os laboratórios de pesquisa científica e tecnológica no Brasil? Qual seu tamanho e onde estão localizados? Em que áreas do conhecimento o país possui capacidades científicas relevantes? Em que medida os aportes de recursos públicos no período recente resultaram na constituição de uma infraestrutura nacional de pesquisa atualizada e competitiva no contexto mundial?

Questões como essas direcionaram o esforço de pesquisa do Ipea ora consolidado neste livro, cujo ponto de partida foi um mapeamento, abrangente e inédito, da infraestrutura de pesquisa científica e tecnológica nacional. A ausência de um diagnóstico consistente da situação atual dessa infraestrutura no país motivou o projeto, realizado em uma profícua parceria do instituto com o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep).

Esforços análogos têm sido realizados globalmente, à luz do reconhecimento de que a ciência e a inovação de resultado no século XXI raramente decorrerão de esforços individuais, sendo cada vez mais ligados à existência de grandes laboratórios e equipes de pesquisa amplas e multidisciplinares. Assim, o salto tecnológico que o Brasil precisa dar não pode prescindir da existência de infraestruturas de pesquisa de grande porte, robustas e organizadas. Os resultados obtidos neste trabalho ensejam uma reflexão sobre a necessidade constante de avaliar as políticas de alocação de recursos em ciência e tecnologia, notadamente em infraestrutura, para esse tipo de atividade.

A oportunidade de desenvolver esse trabalho aponta mais uma vez para a capacidade do Ipea de renovar o próprio olhar sobre a agenda de desenvolvimento do país. Já tendo realizado um volume significativo de pesquisas sobre ciência, tecnologia e inovação, diante da constatação de que a ampliação das taxas de inovação e o fomento ao desenvolvimento tecnológico continuam sendo desafios nacionais tão centrais quanto complexos, a instituição buscou novas perspectivas analíticas para o tema. Nesta publicação, o mapeamento e o debate realizados permitiram a análise de diversos aspectos centrais à constituição do Sistema Nacional de Inovação (SNI) sob a ótica desse novo recorte, centrado na unidade *infraestrutura de pesquisa*.

Assim, com a produção e a discussão de conhecimento novo sobre uma parte importante do SNI até então pouco avaliada, o Ipea espera que os subsídios concretos aqui reunidos contribuam para o debate da sociedade e, especialmente, dos formuladores e gestores de políticas públicas.

Jessé Souza
Presidente do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

INTRODUÇÃO

Este livro apresenta os principais resultados do projeto de mapeamento da infraestrutura de pesquisa científica e tecnológica brasileira. O projeto foi desenvolvido pelo Ipea e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), com apoio da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), e criou uma base de dados inédita sobre as características dessa infraestrutura, desde laboratórios de pesquisa até plantas piloto e observatórios. Foram identificados cerca de dois mil laboratórios e demais infraestruturas em mais de uma centena de universidades e instituições de pesquisa brasileiras.

Um dos principais resultados desse projeto é uma base de informações que permite saber onde estão, quais são e quais as características dos principais laboratórios de pesquisa disponíveis no Brasil, circunscritas não somente às grandes infraestruturas abertas de pesquisa, mas também aos laboratórios de pesquisadores individuais espalhados pelos departamentos das grandes universidades brasileiras. Uma das conclusões do trabalho, a propósito, é que talvez tenhamos muitos desses laboratórios individuais e poucos grandes laboratórios abertos, de uso compartilhado.

Essa base de dados inédita sobre as características dos laboratórios e demais infraestruturas de pesquisa é o que dá coesão ao conjunto de artigos capítulos no livro. O capítulo 1, redigido pelas organizadoras da obra, apresenta o projeto, descreve a metodologia utilizada e discute os principais resultados do levantamento. Nele são analisadas as principais características da infraestrutura de pesquisa brasileira, em termos de sua localização, áreas científicas predominantes, tamanho, principais atividades desenvolvidas, além de aspectos econômicos do funcionamento da infraestrutura. Fica patente no capítulo, e no livro como um todo, que o Brasil tem pouquíssimas instituições capazes de aproveitar economias de escala e de escopo que poderiam aumentar a eficiência da pesquisa científica no país. A imensa maioria da nossa infraestrutura de pesquisa é formada por pequenos laboratórios que, apesar de relativamente novos, não parecem ser capazes de prover, sozinhos, as mesmas condições de pesquisa existentes em outros países.

Na primeira parte do livro, as informações coletadas foram utilizadas para analisar os principais sistemas setoriais de inovação no Brasil. A estrutura dos capítulos setoriais segue um roteiro predefinido pela coordenação do projeto, que passa pela descrição do sistema setorial de inovação em outros países e no Brasil, seguido por uma análise da infraestrutura de pesquisa brasileira disponível para aquele setor. A classificação das instituições e infraestruturas relevantes para cada setor foi feita pelos próprios autores de cada capítulo.

Assim, o segundo capítulo do livro, de Flavia de Holanda Schmidt Squeff, trata do sistema de inovação no setor de defesa brasileiro. Foram analisados 44 laboratórios de instituições ligadas ao Ministério da Defesa, todos localizados na região Sudeste. Aqui, uma das conclusões também ressalta a baixa escala dos laboratórios e instituições de pesquisa brasileiras em defesa *vis-à-vis* os exemplos internacionais analisados.

O capítulo subsequente, de autoria de Thiago Caliari e Márcia Rapini, analisa o sistema de inovação em saúde e conclui que, embora a infraestrutura científica na área tenha crescido no período recente, ainda possui pequena escala e baixa conexão com o setor produtivo.

Zil Miranda analisa, no capítulo 4, um dos casos de sucesso brasileiro em termos de conexão entre instituições de pesquisa de ponta e uma grande empresa altamente competitiva: o sistema de inovação no setor aeronáutico. Mesmo nesse caso, a autora argumenta que os novos desafios tecnológicos do setor (sustentabilidade, novos materiais, segurança etc.) vão requerer o desenvolvimento de uma infraestrutura de última geração para realizar pesquisa e desenvolvimento (P&D) em áreas de alta complexidade.

Outro setor relevante para o país, o de energias renováveis, é foco de Gesmar Rosa dos Santos, no capítulo 5. Ali se mostra que, embora as infraestruturas sejam multidisciplinares, as competências predominantes no Brasil estão em biomassa energética e hidroeletricidade. O autor também argumenta, entre outras propostas, pela necessidade de maior previsibilidade e continuidade de linhas de pesquisas prioritárias para o país na área.

O sistema de inovação no setor de tecnologias de informação e comunicação (TICs) é examinado no capítulo 6 por João Maria de Oliveira, que, analisando 191 laboratórios no Brasil, mostra que eles dependem preponderantemente de recursos públicos e que, assim como o restante da infraestrutura de pesquisa brasileira, são de pequeno porte. O autor chama atenção, também, para o papel da Petrobras no financiamento desses laboratórios.

Com efeito, a função dessa mesma empresa no sistema de inovação no setor de petróleo é objeto de análise do capítulo 7, de autoria de José Mauro de Morais e Lenita Turchi. Os autores descrevem a constituição do sistema de inovação no setor e o papel fundamental da Petrobras no financiamento dessa infraestrutura de pesquisa.

O capítulo 8 contém a análise de Jean Marlo Pepino de Paula sobre a infraestrutura de pesquisa voltada para o setor da construção civil. A primeira parte do livro, dedicada aos sistemas setoriais de inovação, encerra com o capítulo de Bernardo Campolina sobre outro exemplo de sucesso em termos de sistema setorial de inovação no Brasil: o setor agropecuário.

Na segunda parte estão os artigos que procuram responder a questões horizontais sobre a infraestrutura de pesquisa. Nesse sentido, o capítulo 10, de Sérgio Kannebley Júnior e Renata de Lacerda Antunes Borges, de certa forma reforça a necessidade de ampliar o escopo e a escala da infraestrutura de pesquisa brasileira. Os autores concluem que o tamanho do laboratório no qual o pesquisador atua está positivamente relacionado com a produtividade científica deste pesquisador. Essa evidência corrobora, em alguma medida, uma das principais hipóteses que permeia este livro: a de que a baixa escala da infraestrutura de pesquisa no país é um fator limitante da capacidade de produzir ciência de fronteira.

O capítulo 11, de Pedro Miranda e Graziela Zucoloto, analisa outra questão fundamental para os sistemas de inovação: a atividade de patenteamento. Os autores identificaram 764 inventores, segundo registro de patentes do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), atuando em 548 das 1.760 infraestruturas que compõem a base de dados utilizada neste livro. Os autores também mostraram que esse tipo de conhecimento, com perfil inovador, está "relativamente mais concentrado em infraestruturas com capacidade técnica considerada avançada em relação aos padrões brasileiros, localizadas na região Sudeste e que iniciaram suas operações nas décadas de 1970, 1980 e 1990".

O tema dos serviços tecnológicos prestados por várias das infraestruturas de pesquisa brasileiras é tratado em detalhes no capítulo 12, de Luis Fernando Tironi. Gilson Geraldino, no capítulo 13, aborda a importância das atividades de cooperação para a P&D, com base tanto em informações empresariais provenientes da Pesquisa de Inovação Tecnológica (Pintec) quanto em informações derivadas do levantamento desta pesquisa.

As políticas de investimento em infraestrutura de pesquisa são o foco do capítulo 14, de Marcos Arcuri, que enriquece a análise com algumas comparações internacionais. Por fim, o capítulo 15, de Paulo Meyer do Nascimento, analisa as áreas científicas nas quais o Brasil é mais competitivo internacionalmente, e mostra quais as instituições de destaque em cada uma dessas áreas. Evidencia-se ali a competitividade do país em ciências da vida e biomedicina, mas também em algumas áreas tecnológicas, como a microscopia.

Esperamos que esse projeto, as informações inéditas produzidas por ele e o conjunto de capítulos que compõem este livro contribuam para o debate sobre as potencialidades e limitações do sistema de pesquisa e de inovação brasileiro, assim como para seu aprimoramento.

As Organizadoras

CAPÍTULO 1

O MAPEAMENTO DA INFRAESTRUTURA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA NO BRASIL[1,2]

Fernanda De Negri[3]
Flávia de Holanda Schmidt Squeff[4]

1 INTRODUÇÃO

Um dos fatores cruciais para o desenvolvimento tecnológico de um país é a existência de um sistema nacional de inovação capaz de responder às demandas da sociedade, de forma geral, e do setor empresarial, em particular, por conhecimento, tecnologia e inovações. Parte substantiva desse sistema, além de instituições e políticas, é a própria infraestrutura de pesquisa científica e tecnológica. O reconhecimento desta importância tem levado diversos países do mundo a organizar esforços em torno de levantamentos e projetos de desenvolvimento da infraestrutura existente. Estados Unidos (*Survey of science and engineering research facilities*),[5] União Europeia (*Strategy report on research infrastructures*),[6] Austrália (*Strategic roadmap for Australian research infrastructure),*[7] Alemanha (*Helmholtz-Roadmap for research infrastructures*)[8] e Finlândia (*Finnish research infrastructure survey and roadmap – Finnish science and technology information service*)[9] são alguns exemplos.

No caso do Brasil, nos últimos anos, a infraestrutura de ciência e tecnologia (C&T) do país teve aportes significativos de recursos de várias fontes, especialmente dos fundos setoriais, por meio do Fundo Setorial de Infraestrutura, conhecido

1. Este capítulo é uma versão revista e ampliada da Nota Técnica nº 021/Diset/2014 e se beneficiou de uma série de documentos preparados pela equipe envolvida no projeto, entre os quais o relatório estatístico elaborado pelos seguintes estatísticos do Ipea: Debora Luzia Penha, João Renato Falcão e Paulo Henrique Dourado da Silva.

2. As autoras agradecem o apoio de Debora Luzia Penha, João Renato Falcão, Lucas Benevides Dias e Paulo Henrique Dourado da Silva na construção da base de dados que subsidiou os artigos elaborados no projeto.

3. Técnica de Planejamento e Pesquisa da Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação, Regulação e Infraestrutura (Diset) do Ipea.

4. Técnica de Planejamento e Pesquisa da Diset/Ipea.

5. Disponível em: <http://www.nsf.gov/statistics/srvyfacilities/#tabs-1&sd&qs> .

6. Disponível em: <http://ec.europa.eu/research/infrastructures/pdf/esfri-strategy_report_and_roadmap.pdf> .

7. Disponível em: <https://education.gov.au/strategic-roadmap-australian-research-infrastructure>.

8. Disponível em: http://www.helmholtz.de/fileadmin/user_upload/publikationen/pdf/11_Helmholtz_Roadmap_EN_WEB.pdf>.

9. Disponível em: <http://www.research.fi/en/viewpoints/infrastructure>.

como CT-Infra.[10] Recursos significativos foram ainda aportados pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior do Ministério da Educação (Capes/MEC), pelas fundações estaduais de amparo à pesquisa e por empresas como a Petrobras (De Negri, Cavalcante e Alves, 2013). De fato, estima-se, pelos investimentos realizados, que a infraestrutura de pesquisa científica e tecnológica disponível no país esteja, hoje, muito mais atualizada do que há alguns anos.

A despeito disso, inexistia no país, até recentemente, um esforço articulado para realizar um diagnóstico consistente da situação atual da infraestrutura de pesquisa científica e tecnológica no país, em suas universidades e centros de pesquisa, tampouco da infraestrutura existente nas instituições de pesquisa vinculadas ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Esse trabalho visa preencher essa lacuna ao analisar o sistema de C&T no Brasil a partir da infraestrutura disponível nesse sistema.

Os principais objetivos do projeto são, portanto:

- levantar a situação e as condições de uso da infraestrutura de pesquisa no país, a fim de identificar quais os principais gargalos e carências de investimento;
- subsidiar os formuladores de políticas com informações detalhadas que possam guiar os investimentos governamentais na área;
- fornecer à comunidade científica e tecnológica e às empresas o acesso, pela internet, a informações sobre as infraestruturas de pesquisa existentes, sua localização, possibilidades e condições de uso;
- fomentar parcerias entre instituições, instituição científica e tecnológica (ICT) e empresas;
- fornecer elementos para a avaliação e o acompanhamento das políticas voltadas à ampliação e à recuperação da infraestrutura de pesquisa;
- criar um instrumento de gestão para as próprias instituições de pesquisa e universidades brasileiras; e
- construir um banco de dados dinâmico que permita o acompanhamento sistemático e a produção de relatórios periódicos sobre o parque nacional de pesquisa.

Os resultados obtidos são apresentados neste livro sob diversas abordagens, e buscam contribuir para o melhor conhecimento, por parte do Estado, da comunidade científica e da sociedade, da capacidade de pesquisa existente nas instituições brasileiras.

10. O CT-Infra foi criado para viabilizar a modernização e ampliação da infraestrutura e dos serviços de apoio à pesquisa desenvolvida em instituições públicas de ensino superior e de pesquisas brasileiras, por meio, por exemplo, de criação e reforma de laboratórios e compra de equipamentos, entre outras ações.

Este capítulo apresenta os aspectos metodológicos do projeto e os principais resultados alcançados com o levantamento. Além desta introdução, o capítulo está dividido em três seções. Na próxima seção, expõem-se as definições e a metodologia utilizada para o levantamento dos dados junto às instituições de pesquisa, a par de detalhes sobre o questionário aplicado. Na seção 3, após uma descrição do universo de análise e do escopo da pesquisa, são apresentadas informações que ajudam a melhor caracterizar a infraestrutura de pesquisa científica e tecnológica brasileira. A última seção busca sumariar os resultados da pesquisa.

2 ASPECTOS METODOLÓGICOS DO PROJETO

Um trabalho como esse, realizado em parceria entre diversas instituições e cujo objetivo é gerar dados primários e inéditos sobre infraestruturas de pesquisa, a respeito das quais se tem pouca ou nenhuma informação, envolve uma série de definições.

Em primeiro lugar, é preciso definir claramente os conceitos utilizados, uma vez que o objeto de análise é novo, pelo menos para o país. Nesse sentido, a próxima subseção apresenta alguns dos principais conceitos empregados no projeto, bem como considerações sobre a representatividade da amostra analisada.[11] A subseção seguinte apresenta o processo de coleta e tratamento das informações usado para a construção da base de dados.

2.1 Escopo do levantamento[12]

O primeiro conceito relevante, o qual serviu de base a esse levantamento, diz respeito à unidade de análise do projeto. Ela será a infraestrutura de pesquisa, considerada como o "conjunto de instalações físicas e condições materiais de apoio (equipamentos e recursos) utilizados pelos pesquisadores para a realização de atividades de P&D".[13] Esse conceito envolve desde as instalações físicas (imóveis) que abrigam os equipamentos até recursos de tecnologia da informação (TI), além dos próprios equipamentos e instrumentos empregados. Os laboratórios são as infraestruturas mais comuns, e por isso foram o foco inicial do projeto, mas também são consideradas como infraestruturas de pesquisa as plantas-piloto, biotérios, salas limpas, redes de informática de alto desempenho, bases de dados,

11. Os conceitos adotados neste trabalho e que eram essenciais ao preenchimento do formulário de coleta de dados foram explicitados no glossário preparado pela equipe do projeto para esclarecer os respondentes do questionário.

12. O processo de preparação do questionário envolveu um esforço da equipe do projeto em definir claramente os conceitos que seriam utilizados no decorrer do questionário. Nesse sentido, foi preparado um glossário, que ficou à disposição do respondente (coordenador ou responsável pela infraestrutura), a fim de esclarecer eventuais dúvidas sobre o processo de preenchimento.

13. Essa definição foi elaborada pela equipe envolvida no projeto a partir do conceito empregado no projeto Mapping of the European Research Infrastructure landscape (Meril), patrocinado pela Comissão Europeia no âmbito do Framework Programme 7 (FP 7).

coleções, bibliotecas especializadas, observatórios, telescópios, navios de pesquisa, reservas e estações experimentais, entre outras.

Muito provavelmente, o conjunto de informações relevantes para caracterizar um biotério é diferente daquele que melhor caracteriza uma biblioteca, um laboratório, ou ainda uma coleção biológica. No caso de um biotério, é mais relevante saber informações sobre quais são e qual a procedência dos animais criados, além das condições sanitárias do local – certificações, por exemplo. No caso de uma coleção biológica, é importante saber sobre as espécies catalogadas; enquanto no caso de um laboratório é mais pertinente saber quais equipamentos estão disponíveis e qual o perfil da equipe de pesquisadores do laboratório. Em síntese, não é possível que um questionário único caracterize infraestruturas tão diferentes quanto essas.

Por essa razão, essa diversidade de tipos de infraestruturas de pesquisa levou ao primeiro recorte relevante no escopo do projeto. Na sua primeira fase, ele foi ajustado para compatibilizar alguns tipos de infraestruturas cujas similaridades, do ponto de vista das informações relevantes a serem levantadas, permitissem a aplicação de um questionário único. Sendo assim, foram levantadas apenas informações de laboratórios; estações ou redes de monitoramento; navios de pesquisa ou laboratórios flutuantes; e plantas ou usinas-piloto. Todas essas infraestruturas possuem elementos similares que as caracterizam e que poderiam ser captados pelo questionário único.

Outro recorte importante diz respeito à área do conhecimento, dado que algumas áreas são mais intensivas em infraestrutura laboratorial e equipamentos do que outras. Dessa forma, o questionário foi aplicado em infraestruturas de pesquisa nas áreas de ciências exatas e da terra, ciências biológicas, engenharias, ciências da saúde e ciências agrárias. Mesmo com a informação explícita desse foco, verificou-se que algumas respostas foram de laboratórios de pesquisa nas áreas de ciências humanas ou sociais. Essas observações foram, portanto, retiradas da análise feita neste livro.

O último recorte relevante diz respeito ao tipo de instituição convidada a responder o questionário da pesquisa. O projeto teve como foco as infraestruturas de pesquisa sediadas no país, em universidades e instituições de pesquisa, públicas e privadas, o que também inclui as unidades de pesquisa vinculadas ao MCTI.[14]

Assim, a população de interesse desse mapeamento foi definida como infraestruturas de pesquisa sediadas no Brasil, em universidades e instituições de pesquisa, públicas e privadas, nas áreas das ciências exatas e da terra, ciências biológicas,

14. Essas instituições participaram do projeto-piloto, em 2012, quando a Assessoria de Acompanhamento e Avaliação do MCTI realizou o que seria a primeira etapa desse projeto. Essa etapa consistiu no levantamento de informações sobre a infraestrutura disponível nas instituições de pesquisa do MCTI (De Negri *et al*., 2013).

engenharias, ciências da saúde e ciências agrárias e, por fim, que fossem do tipo: *i)* laboratório; *ii)* estação ou rede de monitoramento; *iii)* navio de pesquisa ou laboratório flutuante; e *iv)* planta ou usina piloto.

Após essas definições, a etapa seguinte seria elencar as infraestruturas de pesquisa que se enquadrassem nesse escopo. Como se trata de um levantamento absolutamente inédito, não existe um registro do universo de infraestruturas de pesquisa no país. Não se dispõe de uma listagem ou base de dados oficial que consolide essas informações no país e permita a identificação mais precisa possível das infraestruturas que seriam alvo da pesquisa. Reside neste ponto uma dificuldade operacional real, tanto para a estimação do tamanho da população de infraestruturas de pesquisa do país quanto para o levantamento de quais infraestruturas seriam convidadas a responder o questionário.

Este trabalho buscou minimizar essa limitação pela utilização de buscas nos sítios na internet das principais universidades e centros de pesquisa, públicos e privados, do país. Com esta finalidade, ao longo do primeiro semestre de 2013, foi conduzido, pelo Ipea, um trabalho exploratório por meio de buscas documentais para a identificação das infraestruturas de pesquisa que pudessem participar do levantamento. Nessa exploração inicial, foi possível perceber que são raríssimos os casos no país de instituições de pesquisa ou universidades que dispõem de um levantamento exaustivo e atualizado sobre o número e as características de seus laboratórios.

Além da visita aos *sites* das principais universidades e instituições de pesquisa brasileiras, a busca dessas infraestruturas também se concentrou em instituições cujas pesquisas pudessem ser de interesse de algumas das áreas prioritárias definidas nos documentos oficiais do MCTI.[15] Entre as áreas selecionadas como prioritárias estão: petróleo e gás; saúde; defesa; tecnologias da informação e comunicação (TICs); aeronáutica; agropecuária; e energias renováveis.[16] Para tanto, pesquisadores do Ipea com experiência em cada uma dessas áreas indicaram instituições e departamentos prioritários para a busca, com base nas pesquisas sobre esses temas.

Foram identificadas inicialmente 1.920 infraestruturas, vinculadas a aproximadamente 180 diferentes universidades e instituições de pesquisa, públicas ou privadas. Para cada infraestrutura, foram buscadas as seguintes informações: instituição e departamento de vínculo, código da instituição no Diretório de Instituições e Infraestruturas de Pesquisa (DIIP) do CNPq, cadastro nacional de pessoa jurídica (CNPJ) da instituição, nome completo, telefone e *e-mail* do coordenador,[17]

15. Entre os quais pode ser citada a Estratégia Nacional de Ciência e Tecnologia 2012-2015 (Encti).
16. Mesmo não sendo definida como área prioritária na Encti, a área de construção civil foi inserida no escopo do projeto ao longo do processo de buscas.
17. As informações sobre os coordenadores eram fundamentais, uma vez que estes seriam os respondentes da pesquisa.

endereço do currículo do coordenador na Plataforma Lattes (<http://lattes.cnpq.br/>) e endereço do sítio da infraestrutura na internet – quando existente. Esses primeiros dados compilados pelo Ipea foram remetidos ao CNPq e constituíram a amostra inicial que o sistema de coleta de dados do DIIP recebeu para o mapeamento.[18]

Para complementar esse primeiro levantamento, em agosto de 2013, foi encaminhada, pelo CNPq, uma carta aos dirigentes de pesquisa[19] de todas as universidades e instituições de pesquisa que se encontravam cadastradas no diretório. A carta informava os dirigentes sobre a realização do mapeamento e, ao encaminhar a relação de laboratórios e infraestruturas identificadas na instituição, solicitava que cada dirigente corrigisse, atualizasse e/ou complementasse a relação enviada. Os dirigentes tiveram cerca de um mês para complementar a relação de laboratórios.

As respostas recebidas nessa etapa alimentaram novas cargas de dados complementares e correções no sistema de coleta de dados do DIIP. Esse processo de ajuste da base de dados alimentada no sistema, realizado pelo Ipea e pelo CNPq, ocorreu ao longo de quase todo o período de preenchimento do mapeamento, e resultou em um número total de 4.857 infraestruturas[20] convidadas a participarem da pesquisa, em 185 universidades e instituições distintas.

Nem todas as instituições complementaram a relação inicial de laboratórios encaminhada pela equipe do projeto, assim como nem toda universidade ou instituição de pesquisa foi contemplada pelo levantamento inicial. Portanto, sabe-se que esse número não é o universo dos laboratórios e demais infraestruturas de pesquisa existentes no Brasil. Entretanto, dado que foram consultadas todas as principais instituições brasileiras, é bastante razoável supor que esse número não esteja muito distante do total.

Outra evidência de que esse número é bastante significativo é a comparação com outros países. Um mapeamento similar feito nos Estados Unidos nos anos 1990 (Crow e Bozeman, 1998), por exemplo, identificou mais de 15 mil laboratórios. O critério para o levantamento norte-americano era, contudo, mais restritivo e levava em conta apenas laboratórios com uma equipe de, no mínimo, vinte profissionais. Ainda assim, como a infraestrutura de pesquisa estadunidense é muito maior que a brasileira, o número obtido pelo levantamento feito para o Brasil não parece estar muito distante da realidade do país.

18. Por razões de segurança, o sistema não era aberto, e apenas os coordenadores ou responsáveis pelas infraestruturas previamente cadastradas podiam, por meio de *login* e senha, acessar o formulário.

19. No caso de universidades, pró-reitores de pesquisa e, no caso de instituições de pesquisa, o dirigente máximo da instituição (diretor ou presidente).

20. Embora os dirigentes de pesquisa tenham sido informados que o escopo inicial do projeto era apenas focado em infraestruturas das áreas de ciências exatas e da terra, ciências biológicas, engenharias, ciências da saúde e ciências agrárias, em alguns casos as relações retornadas incorporaram laboratórios de pesquisa das áreas de ciências sociais aplicadas, ciências humanas, linguística, letras e artes. As análises desse livro não consideram estas infraestruturas.

Apesar de se acreditar que o conjunto das instituições e infraestruturas convidadas a participarem da pesquisa corresponda muito proximamente ao universo da infraestrutura de pesquisa brasileira, não é possível, do ponto de vista estatístico, considerar esse conjunto como o universo. Sendo assim, também não é possível afirmar categoricamente que não exista algum viés amostral, ou mesmo qual seria a taxa de resposta real obtida pela pesquisa.

É possível, sim, que existam algumas lacunas importantes, especialmente quando se consideram setores ou áreas de atuação específicas. Essas lacunas podem afetar a descrição da infraestrutura de pesquisa instalada no país nessas mesmas áreas.[21] Entretanto, provavelmente não afetam de modo significativo os resultados estatísticos obtidos nos artigos sobre as relações entre infraestrutura laboratorial e produtividade ou entre a infraestrutura laboratorial e a interação com empresas, por exemplo.

Não obstante, o que se pode afirmar com convicção é que a taxa de resposta obtida em relação ao total de instituições e infraestruturas convidadas a participarem do levantamento foi bastante significativa. Entre as 185 instituições convidadas, 130 participaram do levantamento, o que significa uma taxa de resposta próxima a 70% entre as instituições. Em termos da unidade de análise, a infraestrutura de pesquisa, 2.119 responderam ao questionário, o que corresponde a pouco mais de 40% do total.[22] Em síntese, mesmo que o universo das infraestruturas laboratoriais de pesquisa no Brasil seja muito maior do que o estimado no primeiro levantamento – o que não é provável –, ainda assim, ter-se-ia uma amostra bastante representativa.

2.2 O questionário e a coleta de informações

O questionário foi construído segundo recomendações já expressas na literatura, com o objetivo de minimizar o erro de medida[23] e reduzir o índice de não resposta. Neste sentido, foram adotadas, na elaboração do formulário, as etapas a seguir enumeradas.

1) Foram fornecidas aos respondentes informações sobre a amostra e o contexto em que a pesquisa era conduzida (tema e instituições responsáveis).

---

21. Um exemplo de lacuna importante nesse levantamento é a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), que, embora tenha sido convidada a participar reiteradas vezes, teve algumas dificuldades em incorporar todos os seus laboratórios ao levantamento. Em virtude disso, apenas uma pequena parcela de seus laboratórios preencheu o questionário.

22. A relação das instituições presentes no levantamento com suas respectivas infraestruturas encontra-se disponível no apêndice 2 deste capítulo.

23. O erro de medida ou de mensuração é o desvio das respostas dadas pelos seus verdadeiros valores de medida. Erros de medida em *surveys* autoadministradas podem surgir do respondente (falta de motivação, problemas de compreensão, distorção deliberada) ou do instrumento (má redação ou *design*, problemas técnicos).

2) O instrumento foi redigido em linguagem clara e concisa, de modo a propiciar a leitura correta das questões e das alternativas de resposta, quando era o caso.

3) Foi realizado um pré-teste em duas etapas. Em primeiro lugar, foi feito o pré-teste do conteúdo do questionário por ocasião da própria etapa-piloto com as unidades de pesquisa do MCTI (De Negri *et al.*, 2013),[24] de tal modo que a equipe responsável, de um lado, tivesse condições de observar como as questões foram interpretadas pelos respondentes e, de outro, como as sugestões para melhoria do instrumento recebidas poderiam ser incorporadas nesta etapa do projeto.

4) Por ocasião da implementação do instrumento como *web survey*, foram realizados novos pré-testes em relação ao método de coleta de dados. A aplicação do pré-teste nesta fase permite: estimar a distribuição das principais questões; checar a consistência do leiaute; checar o *survey* com diferentes *browsers*, configurações, servidores de *e-mail* e sistemas operacionais; e identificar questões que pudessem estar gerando dúvidas de maior ou menor gravidade junto aos respondentes. No caso de *web surveys*, esta etapa é de fundamental importância, uma vez que, ao transpor o material para a *web*, é possível que o conteúdo funcione bem em uma plataforma mas não em outra. Esse pré-teste foi realizado pelas equipes do MCTI e do Ipea envolvidas nos projetos entre os meses de março e junho de 2013, e os ajustes solicitados foram realizados pela equipe responsável pelo desenvolvimento no CNPq. O *web survey* foi redesenhado tantas vezes quanto necessário antes de ser disponibilizado para o preenchimento da amostra ampla.

5) Também nesse mesmo período as equipes do MCTI e CNPq atuaram na redação de um módulo de *frequently asked questions* (FAQ), de um glossário e de um manual do usuário, os quais foram também hospedados no sítio do CNPq (<http://lattes.cnpq.br/web/dip/wiki/>).

6) O *design* adotado para o *web survey* aproveitou-se da identidade corporativa da Plataforma Lattes do CNPq, já bastante conhecida dos pesquisadores do país, e identificou as instituições envolvidas.

7) Todas as questões condicionadas a respostas prévias tiveram os saltos necessários preestabelecidos via programação, evitando assim que o respondente tivesse que passar por telas sem uso para eles.

24. Na etapa-piloto o questionário foi aplicado e preenchido em papel, de tal modo que esta fase serviu apenas como teste do conteúdo do questionário, e não da plataforma informatizada.

8) Com objetivo de passar confiabilidade ao respondente, no *e-mail* de convite à participação foram informados os objetivos da pesquisa e fornecidas informações de contato da equipe de coordenação para sanar eventuais dúvidas.

9) Como o controle de acesso foi feito via senha de cada coordenador para acesso à Plataforma Lattes, a qual contava com um pré-cadastro dos respondentes já associados às infraestruturas das quais eram coordenadores, assegurou-se assim a existência de um mecanismo de autenticação que evitasse respostas múltiplas.

O questionário foi elaborado em cinco módulos. O primeiro, de caracterização, buscava trazer informações gerais sobre a infraestrutura, como identificação, nome do coordenador, descrição e linhas de pesquisa, além do tipo de infraestrutura – se laboratório, estação ou rede de monitoramento, navio de pesquisa ou laboratório flutuante, e planta ou usina-piloto.

O segundo módulo, sobre a atuação da infraestrutura, era voltado para identificar tanto a(s) grande(s) área(s) do conhecimento de atuação da infraestrutura quanto suas áreas e subáreas, assim como as linhas de pesquisa.

O terceiro módulo do *web survey* era dedicado à identificação da equipe atuante no laboratório, incluindo pesquisadores, técnicos e estudantes. Para preencher as informações sobre os pesquisadores, bastava que os respondentes buscassem pelo nome ou pelo cadastro de pessoas físicas do Ministério da Fazenda (CPF/MF) em uma janela integrada à base Lattes, de modo que o *survey* coletava na verdade o endereço de currículo Lattes de cada pesquisador. Uma vez selecionados os endereços devidos, o coordenador deveria ainda informar para cada um dos pesquisadores o tipo de vínculo existente com o laboratório – isto é, se servidor, celetista, bolsista ou pesquisador visitante – e o tempo semanal de dedicação de cada um deles à infraestrutura. Para a indicação da equipe técnico-administrativa, foi solicitado apenas que fosse informado o quantitativo de membros da equipe por nível de qualificação (doutor, mestre, especialista, graduado ou nível médio/técnico) e por tipo de vínculo (servidor/funcionário, prestador de serviço ou terceirizado, ou outros tipos de vínculos). Havia uma indicação expressa no questionário para que bolsistas de iniciação à pesquisa (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – Pibic/CNPq – etc.) e de formação e qualificação (aperfeiçoamento/especialização/treinamento, doutorado, doutorado sanduíche no país, mestrado ou pós-doutorado) fossem contabilizados como estudantes, os quais deveriam ter o seu quantitativo total informado tão somente por nível de formação.

Informações sobre os principais equipamentos e *softwares* da estrutura deveriam ser detalhadas no quarto módulo do formulário. Optou-se por considerar exclusivamente equipamentos com valor superior a R$ 100 mil. Além de algumas

informações sobre os equipamentos (tipo, nome e custo de aquisição, por exemplo), os respondentes foram ainda solicitados a indicar a situação atual do equipamento (em instalação, em operação ou inoperante), seu estado (atualizado, desatualizado e obsoleto) e a entidade financiadora de sua aquisição. Para o caso dos *softwares*, eram obrigatórias as questões sobre o tipo de licenciamento, classificação, nome, custo de licenciamento e também entidade financiadora.

Por fim, o último módulo focava a avaliação da situação atual da infraestrutura. Procurou-se nesta etapa levantar informações sobre as principais atividades desenvolvidas (pesquisa, ensino, desenvolvimento de tecnologias, prestação de serviços tecnológicos, extensão tecnológica) e a intensidade de uso da infraestrutura para cada uma dessas atividades (contínua, alguns dias da semana, alguns dias do mês, ou esporádica). Neste mesmo módulo, os coordenadores deveriam indicar se o laboratório era aberto à utilização por usuários externos e se existiam políticas de acesso e procedimentos para sua utilização. Os respondentes foram ainda questionados em relação à quantidade de usuários externos da infraestrutura no ano de referência (2012).

Os tipos de cooperação desenvolvidos com a participação relevante da infraestrutura e o grau de importância de cada tipo também foram questionados neste módulo do questionário, assim como a prestação de serviços técnico-científicos por parte do laboratório. O módulo seguiu indagando os usuários sobre a acreditação do laboratório, bem como sobre as modalidades para as quais o laboratório seria acreditado.

Informações sobre o valor estimado da infraestrutura, bem como dados sobre suas fontes de receitas e custos operacionais também foram levantados nesse quarto módulo.[25] Por fim, o questionário também buscou trazer uma avaliação mais subjetiva do coordenador sobre as condições atuais da infraestrutura pesquisada. Nesse sentido, foi perguntado ao coordenador como ele avaliava a infraestrutura em relação às melhores infraestruturas mundiais do gênero, quais as condições de equipamentos e equipe técnica e quando foi realizado o último investimento de vulto naquela infraestrutura.

Os dados foram coletados por meio de um questionário do tipo *web survey* autoadministrado pelos respondentes, o qual foi hospedado no Diretório de Instituições da Plataforma Lattes do CNPq.

25. Verificou-se grande dificuldade dos coordenadores dos laboratórios para responder às questões sobre os custos operacionais e as fontes de receitas dessas infraestruturas. De fato, os laboratórios não constituem centros de custos em grande parte das instituições da amostra e, portanto, tanto receitas como custos de operação são tratados de forma mais agregada pela instituição.

Em relação à coleta, a primeira consideração relevante diz respeito a quem prestaria as informações relativas aos laboratórios e demais tipos de infraestruturas de pesquisa. Partiu-se do pressuposto de que, em toda infraestrutura, haveria um coordenador ou responsável capaz de prestar tais informações, necessárias ao levantamento. O coordenador seria, portanto, o respondente do questionário.

Para efeitos do projeto, "o coordenador é o responsável, junto à administração superior da instituição, pelo gerenciamento do laboratório/infraestrutura".[26] O coordenador é, dessa maneira, o sujeito responsável pelo gerenciamento do laboratório, pela supervisão da equipe, pela interlocução com outras instituições, e pela organização dos projetos de pesquisa executados no laboratório.

Em 16 de setembro de 2013, foram enviadas aos coordenadores as mensagens com convite à participação no mapeamento. Assim como no caso da carta aos dirigentes de pesquisa, a mensagem informava os objetivos do mapeamento e transmitia orientações sobre o acesso ao questionário usado para a coleta de dados. O ano de referência da pesquisa era 2012, de modo que os coordenadores foram informados de que deveriam considerar os dados referentes a este ano-base em todas as suas respostas.

Como as informações que associavam cada infraestrutura de cada instituição a seu coordenador já estavam pré-carregadas no sistema, para preencher o formulário bastava que cada coordenador acessasse o *link* <http://dip.cnpq.br/infraestrutura>, informasse seu CPF, sua senha do currículo Lattes e seguisse as instruções disponíveis no sistema e nas páginas de suporte. Além dos ícones de ajuda e *tooltips* disponíveis no próprio sistema de coleta, a estrutura de suporte ao preenchimento incluía ainda um telefone de *helpdesk* no CNPq e um *e-mail* específico, para que as dúvidas fossem sanadas pela equipe do Ipea envolvida diretamente no projeto.

O prazo inicialmente estabelecido para o preenchimento do formulário era 30 de outubro de 2013, mas decidiu-se prorrogar para o dia 15 de dezembro do mesmo ano, como informado em mensagem enviada no dia 3 de novembro. Ao longo desse período, mensagens com orientações quanto às principais dúvidas encaminhadas aos canais de atendimento foram enviadas, assim como lembretes quanto ao prazo final de preenchimento. Ao fim deste período, 2.119 infraestruturas de 130 diferentes instituições concluíram o preenchimento e realizaram o envio eletrônico dos formulários completos ao CNPq. A construção da base de dados resultante desse processo foi feita ao longo do primeiro quadrimestre de 2014, sobre a qual mais detalhes são expostos na próxima subseção.

26. Definição elaborada pela equipe do projeto e que está presente no glossário que ficou disponível para consulta no *site* do CNPq (apêndice 1, grifo nosso).

2.3 A base de dados e as tabulações setoriais

Encerrado o período de coleta de dados, o CNPq remeteu ao Ipea e ao MCTI um conjunto de tabelas em formato xml[27] que reunia as informações coletadas sobre as infraestruturas brasileiras. Essas informações diziam respeito aos 2.119 questionários que foram preenchidos na sua totalidade[28] e serviram de suporte para a construção da base de dados.

TABELA 1
Número de infraestruturas que participaram do levantamento segundo tipo

Tipo de infraestrutura	Número de questionários
Estação ou rede de monitoramento	8
Estufa, câmara de crescimento ou viveiro	1
Laboratório	1.785
Navio de pesquisa ou laboratório flutuante	1
Observatório	13
Planta ou usina-piloto	20
Total das infraestruturas de interesse	1.828
Base de dados	3
Biblioteca ou acervo	6
Biotério	5
Centro de computação científica, datacenter ou infraestrutura de TI	56
Coleção de recursos biológicos	16
Coleção de recursos minerais	4
Estação ou fazenda experimental	7
Laboratório de informática para uso didático	58
Outro	136
Total	**2.119**

Fonte: Dados da pesquisa.

Alguns recortes foram feitos na base de dados utilizada nas análises elaboradas neste livro. Em primeiro lugar, entre as 2.119 infraestruturas cadastradas, 1.828 pertenciam às categorias de interesse da pesquisa, como indica a tabela 1. Assim, foram excluídas as 291 infraestruturas classificadas em categorias que não poderiam ser caracterizadas adequadamente pelo questionário elaborado (bases de dados,

27. Do inglês eXtensible Markup Language, é uma linguagem de marcação para a criação de documentos com dados organizados hierarquicamente, tais como textos, banco de dados ou desenhos vetoriais.

28. Casos de coordenadores que apenas iniciaram o processo de preenchimento mas que não selecionaram a opção "enviar ao CNPq" não foram considerados nessa análise.

coleções, bibliotecas, biotérios, entre outros). Fica claro que, embora se tenha em mente aqui um conceito amplo de infraestrutura de pesquisa, na prática esta diz respeito, principalmente, a laboratórios, os quais formam a grande maioria (84%) das infraestruturas de pesquisa existentes.

Além desse recorte inicial, entre as 1.828 infraestruturas restantes, foram retiradas 68 infraestruturas distintas, pertencentes exclusivamente a grandes áreas de conhecimento que estavam além do escopo dessa primeira etapa do levantamento.[29] Portanto, após a aplicação desses filtros, restaram 1.760 infraestruturas, que compuseram a base principal utilizada para as análises do projeto. Essa base contava, portanto, com 1.760 registros (linhas) e 110 variáveis criadas a partir do questionário e que tinham a infraestrutura de pesquisa como unidade de análise.

Outras tabelas auxiliares, que focalizavam aspectos específicos do questionário, foram construídas para essas 1.760 infraestruturas. A característica principal dessas tabelas auxiliares e a razão de elas ficarem separadas da base principal é que poderia haver mais de um registro associado a cada infraestrutura de pesquisa. Todas essas tabelas que compunham a base de dados eram relacionadas por uma chave de ligação única para cada uma das 1.760 infraestruturas da amostra.

As tabelas auxiliares são:

- *Área do conhecimento*. Constam nessa tabela as informações das áreas de conhecimento, subáreas, especialidades e subespecialidades informadas por cada infraestrutura. A mesma infraestrutura pode ter informado mais de uma área (subárea ou especialidade) de atuação.
- *Modalidade de acreditação*. Contém as variáveis relacionadas à acreditação da infraestrutura para diversos tipos de atividades. Assim como na tabela anterior, uma mesma infraestrutura pode ser acreditada em mais de uma modalidade. Por isso essa questão ficou na tabela auxiliar.
- *Coordenador*. Com informações sobre a titulação e origem (país de nascimento) dos coordenadores das infraestruturas da amostra.
- *Equipamentos*. Consolida informações sobre os equipamentos existentes nas infraestruturas e reportados no formulário de coleta de dados, tais como tipo de equipamento, situação e estado atual. Nessa tabela, cada equipamento acima de R$ 100 mil constitui um registro.

29. Como a mesma infraestrutura poderia se enquadrar em mais de uma grande área do conhecimento, permaneceram na base os casos em que uma mesma infraestrutura se enquadrava em ciências humanas e em ciências agrárias ao mesmo tempo.

- *Pesquisador*. Assim como na tabela *Coordenador*, reúne informações sobre a titulação e origem (país de nascimento) dos pesquisadores em atuação nas infraestruturas da amostra e indicadas pelos respondentes no questionário. Constavam adicionalmente informações sobre o tempo efetivo de dedicação semanal dos pesquisadores à infraestrutura e o tipo de vínculo existente com a instituição que abriga a infraestrutura. A tabela, na qual cada registro é um pesquisador, foi, posteriormente, reunida com as informações provenientes da Plataforma Lattes. Dessa forma, foi possível analisar o perfil e a produção dos pesquisadores associados às infraestruturas.
- *Prestação de serviços*. As variáveis indicam os tipos de serviços prestados pelas infraestruturas e quais os clientes indicados para cada um desses serviços.
- *Software*. Informações sobre os principais *softwares* utilizados nas infraestruturas – sobre o seu desenvolvimento, tipo de licenciamento e classificação.
- *Setor de aplicação*. Esta tabela continha quais seriam, na visão do coordenador da infraestrutura, os setores de atividade econômica nos quais as pesquisas conduzidas pelo laboratório poderiam ser aplicadas, segundo a Classificação Nacional de Atividades Econômicas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (CNAE/IBGE).

Além das informações coletadas por meio do formulário eletrônico, algumas dessas tabelas foram associadas a duas outras bases de dados existentes e ligadas à ciência e tecnologia no país: Plataforma Lattes e a base de patentes do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI).[30] A partir da associação das bases *Coordenador* e *Pesquisador*, buscou-se identificar os dados de produção científica de cada pesquisador e coordenador na base da Plataforma Lattes e os pedidos de patentes efetuados no INPI. Para as associações com a Plataforma Lattes, foi usado o "id CNPq" dos pesquisadores e coordenadores. Já a identificação dos inventores e sua associação a cada uma das infraestruturas analisadas foram realizadas por meio do cruzamento das informações contidas na base de dados de depósito de patentes do INPI e da DIIP em duas etapas, inicialmente pelo número do CPF dos pesquisadores e coordenadores e, em seguida, por busca lexicográfica, em metodologia desenvolvida por Miranda e Zucoloto (2014).

Uma vez concluído o trabalho de constituição e checagem da base de dados, foram geradas as tabelas que caracterizam as infraestruturas de pesquisa brasileiras, algumas delas analisadas na próxima seção.

30. Foi usado o período entre 2007 e 2011.

Além disso, a fim de realizar uma análise sobre alguns dos principais sistemas setoriais de inovação no Brasil sob a ótica da infraestrutura de pesquisa disponível, as infraestruturas foram classificadas segundo setor de atividade no qual suas pesquisas poderiam ser aplicadas. Optou-se por analisar alguns sistemas setoriais de inovação, particularmente nos seguintes setores: *i)* defesa; *ii)* saúde; *iii)* óleo e gás; *iv)* tecnologias da informação e da comunicação; *v)* aeronáutico; *vi)* agropecuário; e *vii)* energias renováveis. Ao longo do projeto, durante os debates da equipe, também foi sugerida uma análise dos laboratórios de interesse para o setor de construção civil, que foi assim inserido no conjunto dos setores analisados.

A classificação dos laboratórios e demais infraestruturas nos setores de atividade foi feita a partir de duas abordagens complementares.[31] A primeira consistiu em selecionar as infraestruturas que responderam ser suas pesquisas aplicáveis àquele setor de atuação. O respondente da pesquisa enumerava, num primeiro momento, as diferentes linhas de pesquisa conduzidas naquela infraestrutura. Depois disso, para cada uma delas, o coordenador selecionava qual o setor de aplicação daquela pesquisa, a partir de uma tabela de setores predefinida com base na CNAE. Para alguns setores em particular, como defesa, cujos produtos estão dispersos no setor de máquinas e equipamentos e aeronáutico, entre outros, essa abordagem foi pouco útil.

A segunda abordagem utilizada foi a seleção das infraestruturas nas instituições de relevo para cada setor: o Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), no caso da aeronáutica; a Embrapa, no setor agropecuário; a Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), na saúde; os institutos de pesquisa ligados às Forças Armadas, no caso da defesa etc. No caso do setor de petróleo e combustíveis, também foi aproveitado um levantamento anterior[32] de laboratórios e instituições que desenvolveram projetos de pesquisa em conjunto com a Petrobras. Além disso, os próprios especialistas responsáveis pela redação de cada um dos estudos setoriais realizaram, com base no seu conhecimento prévio do setor, a análise e a seleção de laboratórios e infraestruturas de interesse que porventura estivessem de fora da seleção anterior. O número de infraestruturas selecionadas depois dessa análise, em cada setor de atividade, é apresentado na tabela 2.

31. Mais detalhes sobre a metodologia de classificação estão disponíveis nos respectivos capítulos setoriais.

32. O levantamento foi realizado pelo Ipea a partir do cadastro de projetos de pesquisa realizados pelo Centro de Pesquisas e Desenvolvimento (Cenpes) da Petrobras, em parceria com universidades e institutos de pesquisa no Brasil (Turchi, De Negri e De Negri, 2013).

TABELA 2
Número de infraestruturas de interesse para a análise dos sistemas setoriais de inovação

Áreas	Número de infraestruturas
Saúde	412
Petróleo e gás	117
Defesa	44
Aeronáutico	204
TIC	191
Energias renováveis	100
Agropecuária	284
Construção civil	52

Fonte: Dados da pesquisa.

Uma vez definida a relação de infraestruturas que seriam analisadas em cada um dos capítulos setoriais, a coordenação do projeto elaborou e encaminhou um conjunto padrão de tabulações para os autores. A elaboração centralizada desse conjunto de tabelas garantiria um mínimo de homogeneidade metodológica aos trabalhos, fundamental para a comparação entre os diferentes capítulos setoriais. Além desse conjunto de informações, a coordenação do projeto também sugeriu um roteiro de análise a ser seguido por estes autores, dentro do possível, que incluiu os elementos descritos a seguir.

1) Análise sobre o sistema setorial de inovação em outros países.
2) Seção com a descrição desse sistema no Brasil, que deveria trazer uma breve abordagem histórica, além de uma análise dos principais agentes (empresas e instituições de pesquisa) e políticas.
3) À luz desses elementos, a última seção deveria conter a análise da infraestrutura de pesquisa disponível nas instituições de pesquisa brasileiras ligadas com aquele sistema setorial. Essa análise conteria características gerais da infraestrutura, recursos humanos e equipamentos disponíveis, atividades desenvolvidas, a par da avaliação subjetiva dos coordenadores de laboratórios sobre a situação daquelas infraestruturas.

3 INFRAESTRUTURA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA NO BRASIL: ANÁLISES PRELIMINARES

Nesta seção são expostas as análises elaboradas a partir da base de dados composta pelas 1.760 infraestruturas da amostra final utilizada no projeto.

3.1 Caracterização geral

Inicialmente, é oportuno destacar que a maior parte dos laboratórios (56,7%) afirma ter tido suas atividades iniciadas nos anos 2000. Esse dado parece estar relacionado ao ciclo recente de investimentos do país em ciência, tecnologia e inovação.[33] Ou seja, boa parte da infraestrutura de C&T no Brasil foi constituída nas últimas duas décadas, sugerindo uma infraestrutura relativamente nova. Chama atenção nesse sentido que, entre 2010 e 2012, foi inaugurada aproximadamente metade do número de laboratórios inaugurados durante toda a década anterior.

TABELA 3
Número de infraestruturas mapeadas segundo ano de início de operação

Início de operação	Número de infraestruturas	(%)
Antes de 1970	50	2,8
De 1970 a 1979	110	6,3
De 1980 a 1989	193	11,0
De 1990 a 1999	410	23,3
De 2000 a 2009	654	37,2
De 2010 a 2012	343	19,5
Total	**1.760**	**100**

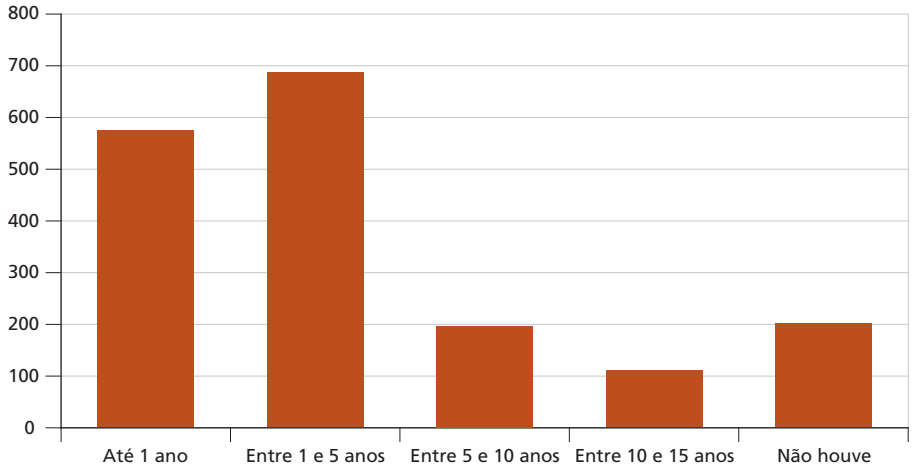
Fonte: Dados da pesquisa.

Outro dado que aponta para o mesmo sentido é a indicação do último ano no qual cada infraestrutura teve investimentos significativos em ampliação ou modernização.[34] Conforme mostra o gráfico 1, mais de 70% dos respondentes informaram que as infraestruturas passaram por investimentos significativos há menos de cinco anos, e boa parte destes informou que o último investimento significativo foi feito há menos de um ano.

33. De forma mais específica, o Fundo de Infraestrutura, CT-Infra, foi instituído pela Lei nº 10.197, de 14 de fevereiro de 2001, e regulamentado pelo Decreto nº 3.087, de 26 de abril de 2001, com o objetivo de fortalecer a infraestrutura e serviços de apoio à pesquisa técnico-científica desenvolvida em instituições públicas de ensino superior e de pesquisa brasileiras, criando um ambiente competitivo e favorável ao desenvolvimento científico e tecnológico equilibrado, e capaz de atender às necessidades e oportunidades da área de C&T.

34. No questionário, deixava-se claro para o respondente que investimentos significativos eram entendidos como aqueles no valor de, pelos menos, 10% do valor estimado para a infraestrutura.

GRÁFICO 1
Número de infraestruturas segundo período de realização do último investimento significativo em modernização ou ampliação



Fonte: Dados da pesquisa.

A distribuição regional dessas infraestruturas é exposta na tabela 4, que possui também a área física instalada por região. Há uma concentração expressiva entre as infraestruturas respondentes no Sudeste (57%) e Sul (23%) do país. Este mesmo cenário se repete em relação ao total de área física, com 87% da área física total indicada nas respostas nas regiões mencionadas. Nesse mesmo item, observa-se que a área física média nessas regiões é maior que nas demais, indicando possivelmente que as infraestruturas nacionais de maior escala estão no eixo Sul-Sudeste.

TABELA 4
Número de infraestruturas e área física total por região geográfica

Região	Número de infraestruturas	Área física (m²)
Centro-Oeste	113	16.211,18
Nordeste	170	22.828,88
Norte	54	8.990,16
Sudeste	1.004	237.438,27
Sul	419	76.045,48
Total	**1.760**	**361.513,97**

Fonte: Dados da pesquisa.

Ainda nas questões iniciais de caracterização, os respondentes foram solicitados a indicar a que grandes áreas do conhecimento as atividades da infraestrutura sob sua responsabilidade estariam associadas, tendo sido permitida a indicação de mais de uma grande área. Isso explica o fato de que a soma nessa tabela é maior

que o total de infraestruturas. Mais de 30% das infraestruturas pesquisadas (658) situam-se na área das engenharias. Em seguida, destacam-se as ciências exatas e da terra, com 26% das infraestruturas, e as ciências biológicas, com 22%.

TABELA 5
Distribuição das infraestruturas por grande área do conhecimento

Grande área	Número de infraestruturas	(%)
Ciências agrárias	277	13,30
Ciências biológicas	459	22,05
Ciências exatas e da terra	545	26,18
Ciências da saúde	143	6,87
Engenharias	658	31,60
Total[1]	**2.082**	**100,00**

Fonte: Dados da pesquisa.
Nota: [1]A soma desta tabela é maior do que o número total de infraestruturas, pois, nessa questão, os coordenadores poderiam escolher mais de uma área do conhecimento como área predominante naquela infraestrutura.

O número total de pesquisadores distintos atuando nessas 1.760 infraestruturas é de 7.090, o que já evidencia uma das características mais contundentes da infraestrutura de pesquisa no Brasil: o tamanho limitado dos laboratórios. Em média, cada laboratório abriga apenas cerca de quatro pesquisadores. A titulação desses pesquisadores está disposta na tabela 6. Mais de 88% desses pesquisadores possuem pós-graduação (mestrado acadêmico ou profissionalizante ou doutorado), e 72% são doutores.

TABELA 6
Número de pesquisadores atuando nas infraestruturas de pesquisa segundo titulação

Titulação máxima	Total	(%)
Curso de curta duração	17	0,2
Doutorado	5.137	72,5
Ensino médio (2º grau)	92	1,3
Ensino profissional de nível técnico	40	0,6
Especialização	123	1,7
Especialização – residência médica	2	0,0
Extensão universitária	5	0,1
Graduação	492	6,9
MBA	12	0,2
Mestrado	1.123	15,8
Mestrado profissionalizante	19	0,3
Outros	2	0,0
Não informado	26	0,4
Total	**7.090**	**100,0**

Fonte: Dados da pesquisa.

Na tabela 7 apresenta-se a distribuição dos pesquisadores por tipo de vínculo com a respectiva instituição.[35] A maior parte possui vínculos formais com as instituições: 60% são servidores públicos e 14% são celetistas, não sendo desprezível na amostra, contudo, a quantidade de bolsistas.

TABELA 7
Número de pesquisadores nas infraestruturas de pesquisa por tipo de vínculo com a instituição

Tipo de vínculo	Total	(%)
Bolsista	1.331	17
Celetista	1.098	14
Outro	535	7
Pesquisador visitante	227	3
Servidor público	4.867	60
Total	**8.058**	**100**

Fonte: Dados da pesquisa.

Os coordenadores também foram solicitados a indicar qual a carga horária semanal de dedicação dos pesquisadores à infraestrutura. É importante ressaltar que se buscou aqui verificar o tempo de efetivo exercício de atividades nos laboratórios, não tendo sido consideradas, para essa resposta, as horas semanais dedicadas à regência de classe ou atividades administrativas de coordenação, por exemplo. As respostas dispostas na tabela 8 foram polarizadas: a maior parte dos pesquisadores atua por mais de trinta horas semanais na infraestrutura (54%), sendo este grupo seguido por aqueles que atuam apenas por até dez horas semanais (29%).

TABELA 8
Número de pesquisadores nas infraestruturas de pesquisa, por tempo de dedicação à infraestrutura

Tempo de dedicação	Total	(%)
Até 10h semanais	2.311	29
Mais de 10h a 20h semanais	906	11
Mais de 30h semanais	4.371	54
Total	**8.058**	**100**

Fonte: Dados da pesquisa.

O funcionamento de infraestruturas de pesquisa não pode prescindir de equipes de apoio técnico e administrativo para o desenvolvimento da atividade

35. Como alguns desses 7.090 pesquisadores atuam em mais de uma infraestrutura com diferentes vínculos possíveis entre elas, o total da tabela 7 e da tabela 8 excede 7.090.

finalística. Existem, nas infraestruturas de pesquisa que compõem esse levantamento, aproximadamente 6 mil pessoas ocupadas em atividades de suporte à pesquisa. Essas atividades vão desde a operação e manutenção de instalações e equipamentos até atividades jurídicas e administrativas necessárias ao bom funcionamento dos laboratórios e demais infraestruturas de pesquisa. A maior parte (66%) é composta por funcionários ou servidores públicos vinculados à própria instituição que abriga o laboratório. Existem 15% de funcionários terceirizados ou prestadores de serviço, além de 19% de pessoas com outros tipos de vínculo.

TABELA 9
Número de membros das equipes de apoio técnico e administrativo nas infraestruturas de pesquisa por tipo de vínculo

Tipo de vínculo	Número	(%)
Outro	1.137	19
Prestador de serviço/terceirizado	891	15
Servidor/funcionário	3.886	66
Total	**5.914**	**100**

Fonte: dados da pesquisa.

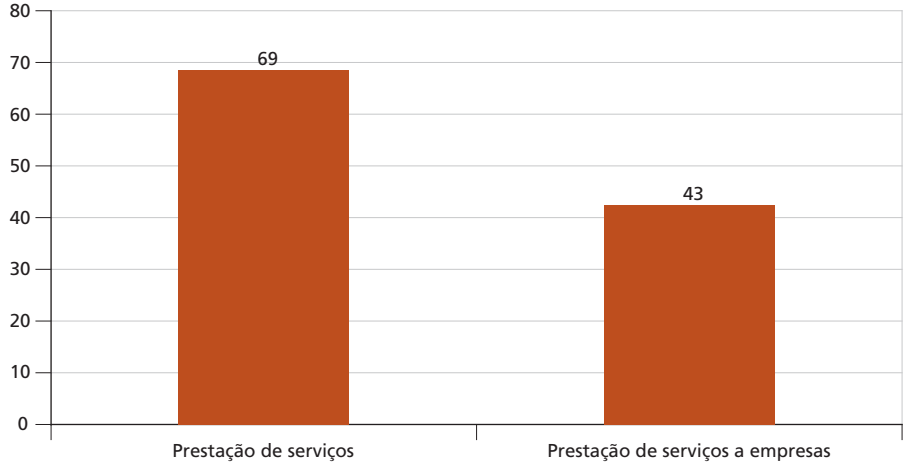
3.2 Principais atividades

Como um dos objetivos do projeto envolve analisar a relação das infraestruturas de pesquisa com empresas e sua atuação no desenvolvimento tecnológico, uma das questões buscou investigar se a infraestrutura costumava prestar serviços tecnológicos para empresas, para outras instituições, ou mesmo para pesquisadores. Neste levantamento, considerou-se enquanto prestação de serviços pelos laboratórios/infraestruturas "*a prestação de serviço tecnológico, de pesquisa ou de apoio à inovação por meio de instrumento formal (acordo/convênio) e/ou mediante remuneração*" (grifo nosso).[36]

Quando questionadas de forma ampla, 69% das infraestruturas afirmaram que prestavam algum tipo de serviço para algum dos clientes mencionados no questionário (empresas, governos ou pesquisadores), como indica o gráfico 2, o que é um número bastante elevado, especialmente se levada em conta a definição de prestação de serviços adotada no questionário. Quando se trata de prestação de serviços a empresas, esse número cai para 43% dos laboratórios, o que continua sendo um número bastante significativo.

36. Definição encontrada no glossário e na ajuda do questionário eletrônico por meio do qual foi feita a captação das respostas.

GRÁFICO 2
Número de infraestruturas que prestam serviços para empresas e para outros tipos de clientes



Fonte: Dados da pesquisa.

Uma questão adicional verificou em detalhes quais eram os serviços técnicos científicos e os públicos usualmente atendidos pelas infraestruturas em cada um desses serviços. O questionário permitia que fosse marcada pelo respondente mais de uma opção, tanto entre os serviços como entre os diferentes públicos (tabela 10).

Entre os serviços prestados a empresas, o tipo mais citado, por 402 laboratórios, foram os de consultoria e assessoria. A seguir, 364 laboratórios declararam que realizam ensaios e testes para empresas, serviço este que também é frequentemente prestado para pesquisadores. O número de laboratórios que declararam prestar esse serviço para outros pesquisadores atingiu o total de 427. O desenvolvimento de produtos e processos também é um serviço muitas vezes prestado pelos laboratórios, seguido de perto pela análise de materiais.

Para outros pesquisadores, os serviços mais prestados pelos laboratórios são ensaios e testes, com 427 laboratórios afirmando que desenvolvem essa atividade; e análise de materiais, serviço prestado por 343 laboratórios.

A descrição desses serviços é importante para qualificar a resposta anterior, que dizia apenas sim ou não à prestação de serviços pelo laboratório. Mesmo que se considere que alguns tipos de serviços mencionados pelos laboratórios, tais como consultoria e assessoria, sejam conceitos mais vagos, ainda assim o número de laboratórios prestadores de serviços de ensaios, testes, desenvolvimento de produtos e processos, análise de materiais etc. é bastante expressivo.

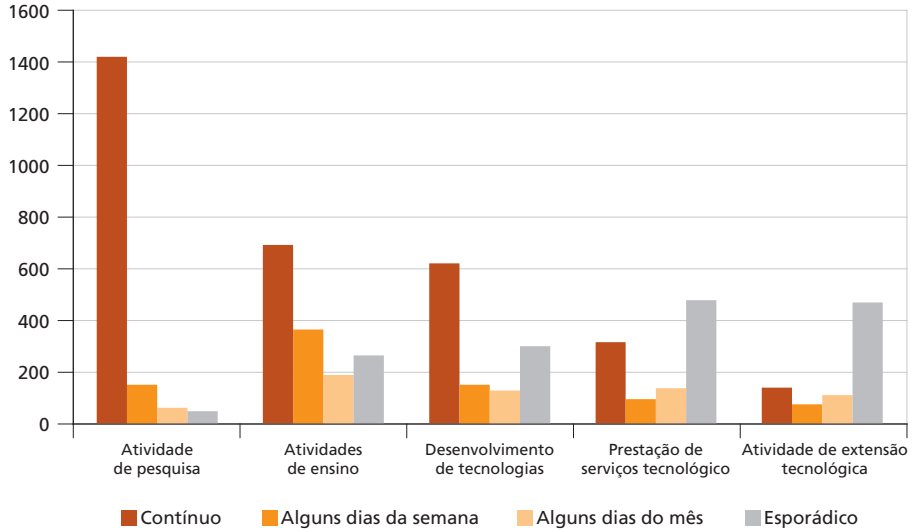
TABELA 10
Prestação de serviços tecnológicos pelas infraestruturas de pesquisa, segundo clientes do serviço prestado

Tipo de serviço técnico-científico	Empresas	Governo	Pesquisadores	Outro
Consultoria e assessoria técnico-científicas	402	227	338	59
Ensaios e testes	364	149	427	43
Desenvolvimento e aperfeiçoamento de processos	244	89	228	24
Desenvolvimento e aperfeiçoamento de produtos	236	66	162	22
Análise de materiais	230	88	343	28
Análise de propriedades físico-químicas	177	67	232	26
Elaboração e testes de protótipos	160	52	130	9
Informação tecnológica	144	71	149	28
Exames laboratoriais	113	74	177	32
Serviços ambientais	93	60	95	17
Calibração	65	33	70	9
Metrologia	50	37	51	10
Certificação	47	12	23	4
Inspeção	45	24	28	3
Scale up (escalonamento)	30	4	13	1
Outros	30	29	40	20
Manutenção de equipamentos científicos	20	8	51	5
Acesso a banco de células, microrganismos etc.	12	8	71	5

Fonte: Dados da pesquisa.

Embora seja grande o número de laboratórios de pesquisa que dizem realizar atividades de prestação de serviços, essa é uma atividade esporádica entre eles. O gráfico 3 mostra os resultados de uma questão sobre a intensidade do uso das instalações e equipamentos da infraestrutura para cada uma das atividades realizadas. Claramente, e como era esperado, os laboratórios analisados são voltados preponderantemente à pesquisa e ao ensino. Os resultados expostos indicam que as atividades de prestação de serviços tecnológicos, extensão tecnológica e de desenvolvimento de novas tecnologias ocorrem em intensidade bem menor no âmbito dessas infraestruturas que as atividades de ensino e pesquisa: 35% dos respondentes afirmam realizar desenvolvimento de tecnologias de forma contínua e 18% apontam a prestação de serviços tecnológicos nessa mesma intensidade. Enquanto isso, as atividades de pesquisa ocorrem continuamente em 81% da amostra, e as de ensino, em 40% dos respondentes.

GRÁFICO 3
Intensidade de uso das instalações e equipamentos por atividade



Fonte: Dados da pesquisa.

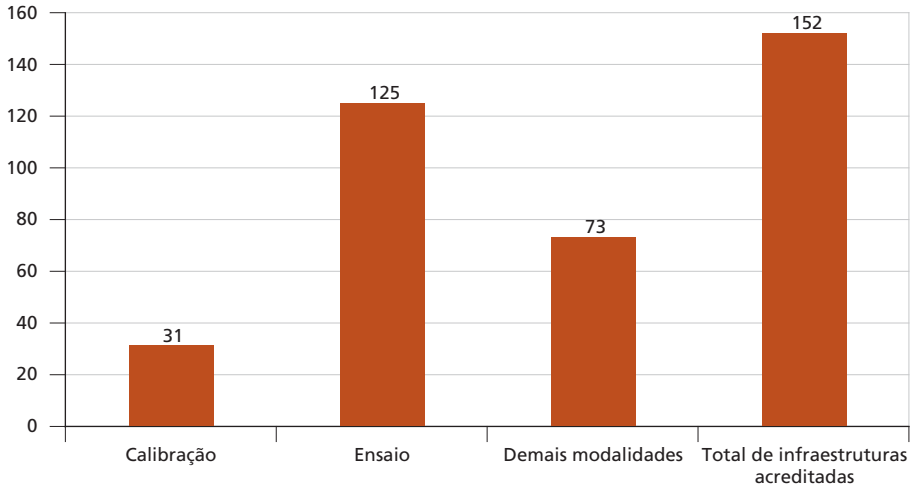
Um fator que pode contribuir e que algumas vezes é um pré-requisito para a realização de alguns tipos de serviços é a acreditação. Segundo o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro), "*Acreditação é o reconhecimento formal por um organismo de acreditação, de que um organismo de avaliação da conformidade – OAC (laboratório, organismo de certificação ou organismo de inspeção) – atende a requisitos previamente definidos e demonstra ser competente para realizar suas atividades com confiança*" (grifo nosso). Um laboratório pode ser acreditado para: *i)* realizar serviços de calibração; *ii)* realizar ensaios; ou *iii)* em outras modalidades.

Os serviços de calibração podem ser divididos em quatorze grupos, entre os quais: força, torque e dureza, físico-química, dimensional, acústica e vibrações etc. Os ensaios, por sua vez, são divididos em nove grupos, que incluem ensaios de vibrações e choque, ensaios biológicos, químicos, térmicos etc.[37] As demais modalidades compreendem, por exemplo, boas práticas laboratoriais, organismos de certificação, ou produtores de material de referência.

37. A definição e a relação completa de serviços de calibração e ensaios, bem como a relação de laboratórios brasileiros acreditados nessas modalidades, pode ser encontrada no *site* do Inmetro (<www.inmetro.gov.br>).

Na amostra analisada, existem 152 laboratórios (pouco mais de 9%) acreditados em alguma dessas modalidades (gráfico 4), sendo a maior parte deles (125 laboratórios) acreditada para a realização de ensaios. Os ensaios mais comuns para os quais os laboratórios possuem acreditação são os ensaios químicos e biológicos. Mais de setenta laboratórios são acreditados em outras modalidades, com destaque para a de boas práticas laboratoriais e para aqueles acreditados como organismos certificadores. Por fim, 31 são acreditados para a realização de serviços de calibração.

GRÁFICO 4
Número de laboratórios acreditados segundo a modalidade de acreditação



Fonte: Dados da pesquisa.

Dados os resultados sobre a prestação de serviços por parte dos laboratórios pesquisados, a questão que segue naturalmente é em quais setores de atividade estariam os potenciais demandantes desses serviços. Assim, perguntou-se aos coordenadores dos laboratórios qual a atividade econômica na qual suas linhas de pesquisa poderiam ser aplicadas.[38] Entre as atividades citadas, destaca-se a seção da CNAE atividades profissionais, científicas e técnicas, em que se encontra a divisão pesquisa e desenvolvimento científico, com mais de 36% de indicações entre os respondentes. Embora a indústria de transformação apareça em segundo lugar, com 28% de indicações, esses resultados permitem supor que os respondentes ainda não associam prioritariamente as suas atividades a uma atividade econômica estritamente ligada ao setor produtivo, identificando-se predominantemente como atuantes em pesquisa e desenvolvimento.

38. Havia a possibilidade de indicar mais de uma atividade, razão pela qual os números somados terem excedido 1.760.

TABELA 11
Setores de atividade econômica mais frequentemente citados como potenciais usuários das pesquisas realizadas pelas infraestruturas

Seção de atividade econômica (CNAE)	Número de infraestruturas que mencionou o setor
Atividades profissionais, científicas e técnicas	648
Indústrias de transformação	500
Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura	250
Saúde humana e serviços sociais	217
Educação	182
Indústrias extrativas	162
Eletricidade e gás	92
Informação e comunicação	78
Água, esgoto, atividades de gestão de resíduos e descontaminação	52
Construção	45
Transporte, armazenagem e correio	26
Administração pública, defesa e seguridade social	14
Atividades administrativas e serviços complementares	13
Artes, cultura, esporte e recreação	9
Comércio, reparação de veículos automotores e motocicletas	5
Outras atividades de serviços	5
Alojamento e alimentação	4
Atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados	2
Atividades imobiliárias	1

Fonte: Dados da pesquisa.

A maior abertura das infraestruturas a usuários externos[39] é um fator relevante tanto para a excelência acadêmica quanto para a ligação da pesquisa básica com o desenvolvimento tecnológico do país. Nesse sentido, investigou-se se os laboratórios são abertos à utilização por usuários externos e quem seriam esses usuários. Na tabela 12 é possível constatar, em primeiro lugar, que a maioria dos usuários externos das infraestruturas nacionais é do Brasil. Merece destaque ainda o fato de que os laboratórios encontram-se predominantemente abertos à utilização de alunos de pós-graduação (970), pesquisadores da mesma instituição (957) e a pesquisadores de outras instituições (814). Um número reduzido de infraestruturas (menos de 20% da amostra) informou ter recebido pesquisadores de empresas em 2012. Estes também foram o tipo menos frequente de usuários externos: em torno de 6% dos usuários, tanto no que se refere ao país como ao exterior.

39. Entende-se por usuários externos "aquele pesquisador que utilizou os serviços ou os equipamentos do laboratório no ano-base e não faz parte da equipe de pesquisadores, técnicos ou estudantes do próprio laboratório e/ou infraestrutura". Assim, são pesquisadores vinculados a outras instituições, no Brasil ou no exterior, ou a outros departamentos da própria instituição, e que não fazem parte da equipe do laboratório e/ou infraestrutura.

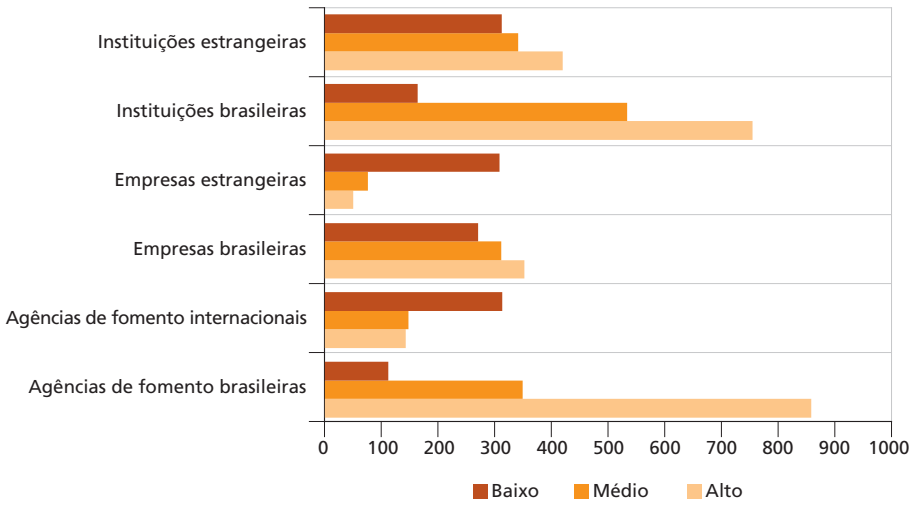
TABELA 12
Número de usuários externos atendidos pelas infraestruturas de pesquisa segundo procedência e vínculo com a instituição de origem

Vínculo do usuário	Usuários do Brasil	Usuários do exterior	Número de laboratórios
Alunos de graduação	10.405	118	765
Alunos de pós-graduação	12.056	426	970
Pesquisadores da mesma instituição (exceto a equipe da infraestrutura)	7.166	203	957
Pesquisadores de empresas	2.321	102	321
Pesquisadores de outras instituições	5.021	869	814

Fonte: Dados da pesquisa.

Talvez a constatação mais relevante da tabela 12 seja a ainda baixa interação dos laboratórios nacionais com pesquisadores e estudantes de fora do país. Essa percepção foi confirmada em uma questão que solicitava que os coordenadores das infraestruturas apontassem que graus de importância atribuíam a cada um dos tipos de cooperação indicados pelo questionário. Em todos os casos, o grau alto de importância foi muito mais frequentemente atribuído a instituições, empresas e agências de fomento nacionais, em detrimento das estrangeiras.[40] Outro resultado indicado pelo gráfico 5 refere-se ao menor grau de importância atribuído à cooperação com empresas em relação a instituições e agências de fomento.

GRÁFICO 5
Atividades de cooperação realizadas pelas infraestruturas segundo o grau de importância atribuído pelo responsável



Fonte: Dados da pesquisa.

40. Ressalte-se que o questionário não forçava uma *escolha única* para os respondentes, de modo que eles poderiam ter atribuído, por exemplo, alta importância à cooperação com empresas nacionais e estrangeiras simultaneamente.

3.3 Aspectos econômicos

Os aspectos econômicos do funcionamento das infraestruturas de pesquisa – custos de operação, fontes de receitas, valores estimados da instalação, entre outros – foram objeto de uma seção específica do questionário. Como era previsto, a maior parte das infraestruturas não faz a gestão das suas finanças diretamente, e seus custos, em grande medida, são cobertos pelo orçamento da instituição (universidade ou centro de pesquisa) à qual estão vinculadas. Talvez por essa razão, muitas vezes o pesquisador responsável pela infraestrutura não tem informações suficientes sobre aspectos econômicos do laboratório. Apesar disso, o fato de os seus responsáveis não terem condições de afirmar precisamente quanto vale sua infraestrutura e qual o seu custo operacional é revelador das dificuldades de gestão dessas infraestruturas. Essas variáveis seriam a chave para realizar qualquer estimativa sobre custo de um serviço prestado; analisar usos alternativos dos recursos de pesquisa disponíveis; tecer considerações sobre a eficiência dos recursos alocados; e analisar a viabilidade de novos investimentos, entre outros. A constatação dessa dificuldade foi feita durante as entrevistas realizadas para testar uma versão preliminar do formulário de coleta de dados. Na versão final, portanto, muitas das questões monetárias abertas foram substituídas por questões fechadas que continham faixas de valores, assumindo que os coordenadores seriam capazes de estimar esses valores de forma aproximada. Nesse sentido, na maior parte das questões, os valores expressos no levantamento correspondem a valores aproximados.

Uma das questões econômicas relevantes diz respeito às principais fontes de financiamento das infraestruturas.[41] Nesse caso, foi perguntado qual o valor das receitas provenientes das principais fontes de financiamento das pesquisas realizadas na infraestrutura. Em 2012, as infraestruturas participantes do levantamento foram capazes de captar, segundo declaração dos seus coordenadores, mais de R$ 1,4 bilhão em recursos para financiar suas pesquisas.

As principais fontes mencionadas, em termos de frequência, foram o CNPq, as fundações estaduais de amparo (FAPs), o orçamento das próprias instituições a que estão vinculadas as infraestruturas e a Capes. Contudo, quando a avaliação das respostas passa a considerar os valores recebidos, outros atores passam a ser mais relevantes: em primeiro lugar, a Petrobras, seguida pela própria instituição, pela Finep e pelas FAPs. Essa relevância da Petrobras como um dos principais financiadores da C&T no Brasil já havia sido constatada em Turchi, De Negri e De Negri (2013) [42] para áreas específicas do conhecimento. O levantamento realizado aqui pôde ratificar o tamanho e a importância da empresa para as instituições com as quais desenvolve atividades conjuntas.

41. Nas respostas, era possível indicar mais de uma fonte de financiamento.
42. Disponível para *download* em: <www.ipea.gov.br>.

TABELA 13
Principais fontes de receita das infraestruturas de pesquisa segundo a entidade financiadora e o valor dos recursos obtidos em 2012

Entidade financiadora	Número de infraestruturas	Receitas para pesquisa (R$)	(%)
Capes	426	38.308.154,00	2,67
CNPq	786	129.824.396,00	9,06
Empresa privada	241	105.160.614,00	7,34
Finep	238	179.336.787,00	12,52
Fundo estadual de amparo	711	178.446.740,00	12,45
Outra	115	60.702.584,00	4,24
Outra empresa pública	52	25.857.818,00	1,8
Outra instituição pública	72	41.556.634,00	2,9
Petrobras	167	328.847.402,00	22,95
Prestação de serviços	215	78.126.345,00	5,45
Própria instituição	527	266.781.272,00	18,62
Total	**1.760**	**1.432.948.746,00**	**100**

Fonte: Dados da pesquisa.

Outra questão pedia que cada respondente indicasse, em bases anuais, tendo como referência o ano de 2012, os custos operacionais e as receitas daquela instalação de pesquisa (tabela 14).

TABELA 14
Custos operacionais e receitas anuais das infraestruturas estimados pelos seus coordenadores para o ano de 2012

Faixas de valor	Número de infraestruturas com custos operacionais nessa faixa	Número de infraestruturas com receitas nessa faixa
Até R$ 50 mil	681	431
Acima de R$ 50 mil até R$ 100 mil	268	184
Acima de R$ 100 mil até R$ 150 mil	106	82
Acima de R$ 150 mil até R$ 200 mil	75	67
Acima de R$ 200 mil até R$ 300 mil	82	77
Acima de R$ 300 mil até R$ 500 mil	95	90
Acima de R$ 500 mil até R$ 750 mil	64	46
Acima de R$ 750 mil até R$ 1 milhão	49	51
Acima de R$ 1 milhão até R$ 2 milhões	57	59
Acima de R$ 2 milhões até R$ 5 milhões	27	46
Acima de R$ 5 milhões	11	25
Não é possível estimar	244	601
Não informado	1	1

Fonte: Dados da pesquisa.

Quase 40% dos respondentes declararam que seus custos de operação foram inferiores a R$ 50 mil/ano, seguidos por um grupo de 15% que informou estar na categoria imediatamente superior (entre R$ 50 e R$ 100 mil/ano). É válido destacar que 14% não souberam informar, mesmo para estas opções categóricas, o custo operacional de funcionamento anual da infraestrutura sob sua coordenação. Aqui novamente vale ressaltar que, dado o desconhecimento dos aspectos econômicos da instalação por parte dos seus coordenadores, mesmo os dados aproximados devem ser considerados com cautela, posto que podem ser bastante imprecisos.

Em relação às receitas, o número de coordenadores que não soube dar qualquer resposta foi ainda maior que o anteriormente observado: mais de 34%. Seguiu-se a isso o grupo com receitas estimadas em até R$ 50 mil, com um quarto das infraestruturas. Apenas 130 infraestruturas informaram ter tido, em 2012, receitas superiores a R$ 1 milhão. A tabela 15 mostra que as 1.760 infraestruturas pesquisadas alavancaram mais de R$ 1,4 bilhão em recursos para pesquisa, o que gera uma média pouco superior a R$ 800 mil de receitas por infraestrutura/ano. Como a maioria absoluta das infraestruturas respondeu que suas receitas são muito menores do que isso, esses resultados sugerem uma concentração desses recursos em poucas infraestruturas, que seriam aquelas efetivamente capazes de alavancar recursos de outras fontes, de prestar serviços e de desenvolver projetos de maior porte. Essas instalações correspondem à minoria das nossas infraestruturas de pesquisa.

TABELA 15
Valor estimado do conjunto dos equipamentos de pesquisa disponíveis na infraestrutura (2012)

Valor total dos equipamentos de pesquisa	Número de infraestruturas que declararam esse valor
Até R$ 100 mil	504
Acima de R$ 100 mil até R$ 250 mil	311
Acima de R$ 250 mil até R$ 500 mil	295
Acima de R$ 500 mil até R$ 1 milhão	250
Acima de R$ 1 milhão até R$ 2 milhões	187
Acima de R$ 2 milhões até R$ 3 milhões	73
Acima de R$ 3 milhões até R$ 5 milhões	51
Acima de R$ 5 milhões até R$ 7 milhões	38
Acima de R$ 7 milhões até R$ 10 milhões	13
Acima de R$ 10 milhões até R$ 15 milhões	19
Acima de R$ 15 milhões até R$ 20 milhões	10
Acima de R$ 20 milhões até R$ 30 milhões	3
Acima de R$ 30 milhões até R$ 40 milhões	1
Acima de R$ 40 milhões até R$ 50 milhões	1
Acima de R$ 50 milhões	3
Não informado	1

Fonte: Dados da pesquisa.

Outra estimativa que corrobora essa percepção está relacionada com o valor total do conjunto de equipamentos de pesquisa disponíveis na infraestrutura (tabela 15) e com o valor da instalação em si (tabela 16). De fato, 46% dos laboratórios informaram que o somatório de seus equipamentos não excedia R$ 250 mil. Apenas 88 infraestruturas, de acordo com estes resultados, possuem um patrimônio de equipamentos superior a R$ 5 milhões, o que equivale a apenas 5% da amostra. O mesmo acontece com o valor total da infraestrutura, tal como estimado pelos seus coordenadores. Observa-se uma concentração absoluta dos respondentes na faixa mais baixa entre as opções sugeridas: 60% dos coordenadores declararam que o valor total daquela infraestrutura de pesquisa, incluídas as instalações físicas e também os equipamentos, não atinge R$ 500 mil.

TABELA 16
Valor estimado da infraestrutura de pesquisa (2012)

Faixa de valor	Número de infraestruturas que declararam esse valor
Até R$ 500 mil	1.054
Acima de R$ 500 mil até R$ 1 milhão	301
Acima de R$ 1 milhão até R$ 3 milhões	222
Acima de R$ 3 milhões até R$ 5 milhões	73
Acima de R$ 5 milhões até R$ 10 milhões	55
Acima de R$ 10 milhões até R$ 20 milhões	33
Acima de R$ 20 milhões até R$ 30 milhões	11
Acima de R$ 30 milhões até R$ 50 milhões	2
Acima de R$ 50 milhões até R$ 100 milhões	2
Acima de R$ 100 milhões até R$ 200 milhões	4
Acima de R$ 200 milhões	2
Não informado	1

Fonte: Dados da pesquisa.

Ainda que se saiba da dificuldade em estimar esse conjunto de valores, bem como das eventuais diferenças de compreensão dos conceitos abordados (custos, receitas e valor da infraestrutura), todas as tabelas apresentadas nessa seção apontam, inequivocamente, para a mesma direção: fica claro que o país dispõe de pouquíssimas instalações de pesquisa de grande porte. Apenas pouco mais de vinte infraestruturas entre as 1.760 pesquisadas declararam que o valor total das suas instalações físicas e de seus equipamentos de pesquisa supera R$ 20 milhões. A baixa escala das instalações de pesquisa brasileiras também pôde ser percebida nos itens relacionados aos custos e receitas anuais, que raramente superam R$ 1 milhão ou R$ 2 milhões/ano.

Essa baixa escala também fica explícita ao comparar os valores obtidos nesse levantamento com alguns exemplos disponíveis em outros países. O European Research Forum on Research Infrastructures (Esfri) faz um *roadmap* a fim de selecionar infraestruturas de pesquisa (projetos) com capacidade para alavancar a competitividade europeia no longo prazo. Na tabela 17 estão exemplos de algumas instalações e centros de pesquisa financiados no âmbito desse programa, com o valor de investimento realizado para a constituição/instalação do centro, número de pesquisadores e custos operacionais anuais.

TABELA 17
Valor total investido, número de pesquisadores e custos operacionais nas instalações de pesquisa pan-europeias apoiadas pelo FP7:[1] exemplos selecionados

Nome	País	Número de pesquisadores efetivos	Investimento[2]	Custos operacionais anuais
Centre d'Élaboration et d'Études Structurales (CEMES - CNRS)	França	50 a 100	50-250 M€	0,25 a 1 M€
Forschungszentrum Rossendorf	Alemanha	101-200	250 - 500 M€	> 10 M€
Research Platform on Nanoelectronic Systems	Alemanha	1-10	20 M€ - 50 M€	0.25 M€ - 1 M€
Central Laser Facility	Reino Unido	51-100	50 M€ - 250 M€	1 M€ - 10 M€
Robotics Research Platform	Bélgica	1-10	< 20 M€	0.25 M€ - 1 M€
Plataforma Solar de Almeria	Espanha	11-50	50 M€ - 250 M€	1 M€ - 10 M€
European Bioinformatics Institute (EBI) (European Molecular Biology Laboratory (EMBL)	Reino Unido	201-500	50 M€ - 250 M€	> 10 M€
Center for Biomolecular Magnetic Resonance (BMRZ)	Alemanha	11-50	50 M€ - 250 M€	1 M€ - 10 M€

Fonte: European portal on research infrastructures' services. Disponível em: <http://www.riportal.eu>.
Elaboração das autoras.
Notas: [1] Comissão Europeia no âmbito do Framework Programme 7.
[2] Em valores correntes de 2007.

A comparação com os chamados Federally Funded Research and Development Centers (FFRDCs), norte-americanos – ótimos exemplos de *Big Science* –,[43] também evidencia a pequena escala da maior parte das nossas infraestruturas.[44] Os FFRDCs são centros de P&D financiados pelo setor público atuando em diversas áreas do conhecimento, entre as quais energia e defesa. Os laboratórios nacionais norte-americanos são exemplos desse tipo de instituição. Squeff e De Negri (2014) mostraram que o orçamento dessas instituições variou, em 2014, de dezenas de milhões de dólares até mais de US$ 2 bilhões, no caso dos maiores centros.

Um dos principais exemplos de infraestrutura de grande porte, no Brasil, é o Laboratório Nacional de Luz Sincroton, vinculado ao Centro Nacional de Pesquisa

43. De fato, o artigo clássico de Derek J. de Solla Price foi redigido pelo autor após uma temporada no Laboratório Nacional de Brookhaven, em 1960, quando participou das chamadas *Pegram Lectures*.
44. Para detalhes sobre o funcionamento desses centros, ver Squeff e De Negri (2014).

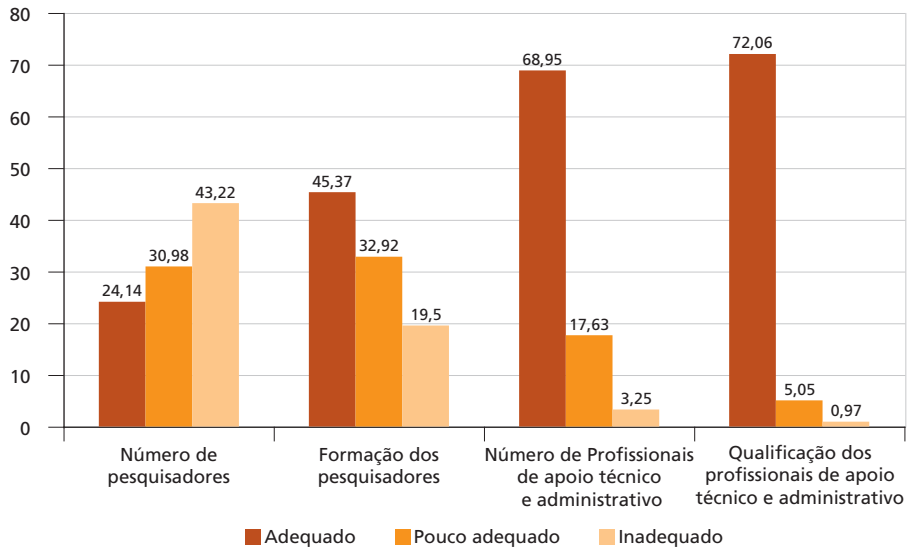
em Energia e Materiais (CNPEM). Segundo estimativas do centro, a construção do novo anel de luz, chamado de Sirius, deve custar cerca de R$ 1,3 bilhão.[45]

3.4 Avaliação das infraestruturas

O último módulo do formulário solicitou aos respondentes que realizassem avaliações subjetivas acerca das competências disponíveis na infraestrutura, bem como das condições gerais de trabalho. Parte-se do pressuposto que o coordenador ou responsável pela infraestrutura é quem detém as melhores condições para avaliar quais os principais problemas e qualidades daquela instalação de pesquisa.

Dessa forma, no gráfico 6 são expostos, em termos percentuais, os resultados da avaliação dos coordenadores sobre os recursos humanos (pesquisadores e equipe de apoio) que atuam na infraestrutura. O número de pesquisadores foi predominantemente reputado como inadequado ou pouco adequado. Já em relação à formação dos pesquisadores, 45% consideram-na adequada, embora quase 20% tenham indicado este aspecto como "inadequado". A avaliação foi melhor para os profissionais de apoio técnico e administrativo, tanto em relação ao quantitativo existente quanto à qualificação: 69% e 72%, respectivamente, consideraram estes atributos como "adequados".

GRÁFICO 6
Avaliação dos coordenadores em relação aos recursos humanos disponíveis na infraestrutura
(Em %)



Fonte: Dados da pesquisa.

45. Disponível em: <http://cnpem.br/sirius-muda-patamar-mundial-da-luz-sincrotron-afirma-diretor-do-lnls/>.

No que diz respeito às condições gerais de funcionamento da infraestrutura, aspectos como insumos, equipamentos, manutenção e instalações físicas também foram avaliados. Os dados da tabela 18 mostram que a pior avaliação foi feita para as instalações físicas: 426 (24%) das infraestruturas consideram ruins as suas instalações físicas. No que diz respeito aos insumos de pesquisa e à manutenção, em contrapartida, a maior parte das infraestruturas os considerou bons ou muito bons.

TABELA 18
Avaliação das condições gerais da infraestrutura

Avaliação das condições	Insumos	Equipamentos	Manutenção	Instalações físicas
Muito bom	730	210	420	110
Bom	746	731	893	493
Regular	160	614	369	710
Ruim	12	183	51	426
Não se aplica	111	21	26	20
Não informado	1	1	1	1

Fonte: Dados da pesquisa.

Por fim, no último item do questionário, os coordenadores fizeram uma avaliação geral da capacidade técnica das infraestruturas em relação ao resto do mundo. Parte significativa avalia que suas infraestruturas de pesquisa estão, em termos de capacidade técnica, próximas às demais existentes no país. Apenas 13% informaram considerar as infraestruturas sob sua responsabilidade como "avançada e compatível com a observada nas melhores infraestruturas do gênero no exterior". Contudo, cerca de 21% consideram as suas instalações de pesquisa insuficientes mesmo em relação à média nacional.

TABELA 19
Avaliação do coordenador ou responsável acerca da capacidade técnica da infraestrutura

Avaliação da capacidade técnica	Número de infraestruturas	(%)
Avançada e compatível com a observada nas melhores infraestruturas do gênero no exterior	236	13
Avançada em relação aos padrões brasileiros, mas ainda distante da observada nas melhores infraestruturas do gênero no exterior	388	22
Adequada e compatível com a observada em outras infraestruturas do gênero no Brasil	722	41
Insuficiente em relação à observada em outras infraestruturas do gênero no Brasil	372	21
Não sabe/não respondeu	42	2
Total	**1.760**	**100**

Fonte: Dados da pesquisa.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresentou a concepção, os aspectos metodológicos e os principais resultados do Mapeamento de Infraestruturas de Pesquisa realizado em 2013 pelo Ipea, pelo CNPq e pelo MCTI. O mapeamento, pioneiro no país, levantou informações sobre cerca de 2 mil infraestruturas de pesquisa em mais de 130 universidades e instituições de pesquisa no Brasil.

O principal objetivo desse projeto foi prover o Estado e a sociedade brasileira de um diagnóstico profundo sobre a infraestrutura de pesquisa científica e tecnológica no país. Por tratar-se de um esforço pioneiro, traz consigo tanto novas e úteis informações quanto limitações e imperfeições.

As suas limitações não o invalidam, contudo, como um poderoso instrumento para a análise do sistema de C&T no Brasil e para o diagnóstico da sua capacidade de ser competitivo e relevante do ponto de vista internacional, provendo também as soluções necessárias para o desenvolvimento do país.

Produzir C&T de alto nível requer, além de capital humano, instituições e infraestruturas capazes de abrigar novos talentos e de dar vazão à sua criatividade. Não parece razoável supor que um pesquisador, por melhor que seja, consiga desenvolver pesquisa de fronteira isoladamente em seu laboratório, ou utilizando equipamentos obsoletos. Também não é razoável imaginar que esse pesquisador terá relevo internacional – especialmente em um sistema altamente competitivo – se não puder contar com uma estrutura profissional de pesquisa. Essa estrutura deveria permitir o aproveitamento de economias de escopo e de escala existentes na pesquisa científica, possibilitando ao pesquisador concentrar seus esforços naquilo que é fundamental para o seu trabalho.

Definitivamente, o Brasil tem pouquíssimas instituições com essas características. O que esse levantamento mostrou é que a imensa maioria da nossa infraestrutura de pesquisa é formada de pequenos laboratórios espalhados nas universidades brasileiras. São infraestruturas nas quais trabalham, em média, apenas quatro pesquisadores e cujos equipamentos de pesquisa, em cerca de 90% dos casos, custam menos de R$ 2 milhões. Neste levantamento existem apenas dez infraestruturas com valor superior a R$ 30 milhões, somados os equipamentos e as instalações físicas. A comparação das infraestruturas nacionais com exemplos internacionais, seja na Europa, seja nos Estados Unidos, evidencia essa limitação.

Não por acaso, apenas 13% dos respondentes declararam que seu laboratório é compatível com as melhores infraestruturas do gênero no exterior. A maior parte deles reconhece a grande distância entre estas e as condições de seus laboratórios. Isso tudo apesar do crescimento no volume de investimentos realizados na última década. De fato, mais de metade (56%) dos laboratórios que responderam ao

questionário foi criada nos anos 2000 e boa parte deles realizou investimentos significativos nos últimos cinco anos. Ou seja, a princípio, esses números parecem sugerir uma infraestrutura de pesquisa relativamente nova. Entretanto, isso não significa, necessariamente, uma infraestrutura moderna e atualizada em relação ao resto do mundo.

Do ponto de vista das principais agências que financiam a pesquisa nessas infraestruturas, o CNPq e as FAPs destacam-se pela capilaridade. Estas instituições financiam a maior parte das infraestruturas de pesquisa presentes no levantamento. Do ponto de vista de volume de recursos aportados, no entanto, destacam-se a Petrobras e a Finep, além do orçamento da própria instituição à qual o laboratório está vinculado.

A participação de outras empresas privadas no financiamento a essas infraestruturas não é, de modo algum, desprezível, segundo os dados obtidos dos coordenadores das infraestruturas: supera os 7% das receitas obtidas pela infraestrutura, o que é compatível com várias instituições de destaque no resto do mundo.[46] Além do valor recebido de empresas privadas por essas infraestruturas, o número de coordenadores que declarou que aquela infraestrutura presta serviços para empresas é bastante significativo (43%).

Os dados levantados neste projeto não corroboram, portanto, a hipótese de que a interação universidade-empresa é fraca no Brasil; ao contrário, ao que tudo indica, existem outros problemas muito mais relevantes no sistema de C&T brasileiro do que a capacidade ou a disponibilidade das instituições de pesquisa de interagirem com o setor produtivo. Talvez as condições materiais existentes para que a ciência brasileira seja relevante do ponto de vista internacional devam ser aprimoradas. Isso significa rever uma política de alocação de recursos em C&T que, por muito tempo, priorizou a fragmentação de recursos e que pode ter contribuído para criar um sistema de tal forma capilarizado e fragmentado que pode ter se tornado pouco competitivo.

REFERÊNCIAS

BRITO CRUZ, C. H. **Ciência e tecnologia em São Paulo**, 2015. Mimeografado.

CROW, M.; BOZEMAN, B. **Limited by design**: R&D Laboratories in the US National Innovation System. New York: Columbia University Press, 1998.

46. Números similares foram identificados por Brito Cruz (2015) para as universidades estaduais paulistas, onde também podem ser encontrados esses mesmos números para as universidades norte-americanas.

DE NEGRI, F. *et al*. **Infraestrutura de pesquisa no MCTI**: um diagnóstico das instituições de pesquisa vinculadas ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Brasília: MCTI, 2013. (Relatório de Pesquisa).

DE NEGRI, F.; CAVALCANTE, L. R.; ALVES, P. **Relações universidade--Empresa no Brasil**: o papel da infraestrutura pública de pesquisa. Brasília: Ipea, 2013. (Texto para Discussão, n. 1901). Disponível em: <http://goo.gl/7oq0dS>.

MIRANDA, P.; ZUCOLOTO, G. F. **Conhecimento com perfil inovador nas infraestruturas científicas e tecnológicas no Brasil**. Brasília, 2014. Disponível em: <http://goo.gl/aiebPT>.

SQUEFF, F.; DE NEGRI, F. **Federally Funded Research and Development Centers**: notas iniciais sobre o modelo americano, 2014.

TURCHI, L.; DE NEGRI, F. O.; DE NEGRI, J. A. (Orgs.). **Impactos tecnológicos das parcerias da Petrobras com universidades, centros de pesquisa e firmas brasileiras**. Brasília: Ipea, 2013.

APÊNDICE A

GLOSSÁRIO UTILIZADO NO FORMULÁRIO DE COLETA DE DADOS

• Infraestrutura de pesquisa

Conjunto de instalações físicas e condições materiais de apoio (equipamentos e recursos) utilizados pelos pesquisadores para a realização de atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D). Esse conceito envolve os seguintes elementos:

– instalações físicas (usualmente imóveis) que abrigam os equipamentos e instrumentos usados nas atividades de P&D; principais equipamentos e instrumentos utilizados em atividades de P&D;

– recursos baseados em conhecimento (como bibliotecas, coleções, arquivos e base de dados) utilizados em pesquisas científicas; e

– recursos de tecnologia da informação e comunicação (como *grids*, redes de alto desempenho e *softwares* específicos).

São exemplos de infraestruturas de pesquisa laboratórios de redes integradas de instalações de P&D, plantas-piloto, biotérios, salas limpas, redes de informática de alto desempenho, bases de dados, coleções, bibliotecas especializadas, observatórios, telescópios, navios de pesquisa, reservas e estações experimentais, entre outros. Sendo assim, as infraestruturas de pesquisa podem ser classificadas em várias categorias,[1] embora a categoria mais comum seja o laboratório. Dado que o laboratório é a infraestrutura típica de pesquisa, o formulário sempre irá se referir ao termo laboratório/infraestrutura a fim de ressaltar que o termo infraestrutura, neste caso, é um conceito que não se limita às instalações físicas, mas inclui equipamentos, instrumentos e outros recursos.

Considerando a diversidade e a heterogeneidade das infraestruturas de pesquisa existentes nas várias instituições e áreas do conhecimento, optou-se por trabalhar inicialmente com alguns tipos de infraestruturas cujas similaridades permitiriam a aplicação de um questionário padrão.

Nesse sentido, na primeira etapa do projeto, as infraestruturas cujas principais características e especificidades não seriam captadas por este questionário padronizado responderam apenas a algumas questões iniciais de identificação. Esse conjunto envolve bases de dados, redes de informática, bibliotecas, coleções, reservas, estações experimentais, que contarão, no futuro, com formulários mais específicos.

1. Ver adiante a classificação da infraestrutura.

Além disso, nesta primeira etapa, o levantamento foca apenas laboratórios e demais infraestruturas das áreas de ciências exatas e da terra, ciências biológicas, engenharias, ciências da saúde e ciências agrárias.

• Classificação da infraestrutura

Diz respeito ao tipo de infraestrutura de pesquisa que se está analisando, que pode ser classificada nas categorias a seguir relacionadas.

1) Base de dados
2) Biblioteca ou acervo
3) Biotério
4) Centro de computação científica, datacenter ou infraestrutura de TI
5) Coleção de recursos biológicos
6) Coleção de recursos minerais
7) Estação ou fazenda experimental
8) Estação ou rede de monitoramento
9) Estufa, câmara de crescimento ou viveiro
10) Laboratório
11) Laboratório de informática para uso didático
12) Navio de pesquisa ou laboratório flutuante
13) Observatório
14) Planta ou usina-piloto
15) Reserva
16) Outro

O formulário padrão utilizado na primeira etapa do projeto é adequado para captar as principais características das infraestruturas classificadas como: laboratório; estação ou rede de monitoramento; navio de pesquisa ou laboratório flutuante; e planta ou usina-piloto. Portanto, estes serão os focos nesta etapa do projeto.

• Instituição de vínculo

Instituição previamente cadastrada no DI-Lattes à qual o laboratório/infraestrutura está vinculado.

• Unidade de vínculo

Unidade (departamento, centro, instituto, escola, faculdade etc.) à qual o laboratório/infraestrutura está imediatamente vinculado. Essa informação será prestada pelo dirigente da instituição – e não pelo coordenador do laboratório/infraestrutura.

• Laboratório/infraestrutura

Nome do laboratório/infraestrutura previamente cadastrado no sistema.

• Sigla

Sigla pela qual o laboratório/infraestrutura pode ser identificado.

• Área física de P&D (m²)

Corresponde à área utilizada pelas instalações físicas que abrigam os equipamentos e instrumentos usados nas atividades de P&D. Para cálculo da área física de pesquisa, *não devem ser considerados*:

- espaços destinados a atividades administrativas e áreas de convivência; e

- espaços não usados diretamente nas atividades de pesquisa.

• Descrição

Breve descrição (em até mil caracteres) do que é, do que faz e das principais competências do laboratório/infraestrutura.

• Coordenação

O coordenador é o responsável, junto à administração superior da instituição, pelo gerenciamento do laboratório/infraestrutura e pelo preenchimento deste formulário. Suas atribuições envolvem:

– supervisão da equipe de pesquisadores e da equipe de apoio técnico;

– gerenciamento da utilização do espaço físico e dos equipamentos e instrumentos disponíveis;

– interlocução e contato com outras instituições de pesquisa ou universidades;

– organização dos projetos de pesquisa a serem desenvolvidos no laboratório/infraestrutura e alocação da equipe e dos equipamentos entre os diferentes projetos; e

– inclusão e atualização dos dados do laboratório/infraestrutura no sistema.

O coordenador é cadastrado previamente no sistema pelo dirigente de Pesquisa da sua instituição. Pode haver mais de um coordenador em um mesmo

laboratório/infraestrutura, mas apenas um deles é habilitado a incluir e atualizar os dados no sistema.

- **Áreas predominantes**

Áreas do conhecimento listadas pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (<http://www.cnpq.br/areasconhecimento/index.htm>) nas quais se desenvolvem pesquisas no laboratório/infraestrutura.

- **Linhas de pesquisa**

Temas aglutinadores de pesquisa de onde se originam projetos cujos resultados guardam afinidades entre si.

- **Equipe do laboratório/infraestrutura**

Pessoal que trabalha regularmente naquele laboratório/infraestrutura (coordenadores, pesquisadores, tecnologistas, técnicos e estudantes). Trata-se das pessoas que garantem o funcionamento e são corresponsáveis pelos equipamentos/instalações, ou que estejam envolvidas com as principais atividades/pesquisas desenvolvidas no laboratório/infraestrutura.

- **Pesquisadores**

São os membros graduados ou pós-graduados da equipe, direta e criativamente envolvidos com os projetos e com a produção científica e tecnológica do laboratório/infraestrutura.

- **Técnicos**

Profissionais de apoio técnico-administrativo que dão suporte ao funcionamento do laboratório/infraestrutura.

- **Estudantes**

Estudantes de pós-graduação ou de graduação envolvidos com as principais atividades/pesquisas desenvolvidas pelo laboratório/infraestrutura no último ano, bem como bolsistas de formação e qualificação e de iniciação científica.

- **Equipamentos relevantes**

Principais equipamentos de P&D existentes, com custo de aquisição igual ou superior a R$ 100 mil, cruciais para as atividades de pesquisa do laboratório. O foco do formulário são os equipamentos mais relevantes para o laboratório/infraestrutura, e não aqueles que possuam papel acessório nas pesquisas realizadas, tampouco que possuam valor pouco significativo.

• Ano-base

O ano-base é o ano de referência das informações coletadas, que será o ano anterior ao de sua coleta. Assim, se a coleta de informações ocorre em 2013, todas as informações solicitadas na seção "situação atual" do formulário de infraestrutura se referem ao ano-base de 2012.

• Pesquisa

Atividades de pesquisa básica ou aplicada realizadas por docentes, pesquisadores ou técnicos da própria instituição e/ou convidados ligados às áreas de atuação do laboratório/infraestrutura.

• Ensino

Atividades de ensino para formação acadêmica ou técnica realizadas por docentes, pesquisadores ou técnicos da própria instituição e/ou convidados ligados às áreas de atuação do laboratório/infraestrutura.

• Desenvolvimento de tecnologias

Atividades ligadas à pesquisa, desenvolvimento e produção de novos produtos, processos produtivos ou serviços.

• Prestação de serviços

Considera-se prestação de serviços pelos laboratórios/infraestruturas a prestação de serviço tecnológico, de pesquisa ou de apoio à inovação por meio de instrumento formal (acordo/convênio) e/ou mediante remuneração.

• Usuários externos

Entende-se por "usuário externo" aquele pesquisador que utilizou os serviços ou os equipamentos do laboratório no ano-base e que não faz parte da equipe de pesquisadores, técnicos ou estudantes do próprio laboratório/infraestrutura. Ou seja, são pesquisadores vinculados a outras instituições, no Brasil ou no exterior, ou a outros departamentos da própria instituição que não integram aquele laboratório/infraestrutura.

• Acreditação

Reconhecimento formal, concedido por um organismo autorizado, de que o laboratório/infraestrutura foi avaliado, segundo guias e normas nacionais e internacionais, e tem competência técnica e gerencial para realizar tarefas específicas de avaliação de conformidade para terceiros. No Brasil, o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro) é o organismo responsável por

acreditar laboratórios para desenvolverem uma série de atividades de certificação, ensaios, calibrações e análises químicas, entre outras.

• Ensaio

Determinação de uma ou mais características de um objeto de avaliação de conformidade, de acordo com um procedimento.[2]

São exemplos de classes de ensaios: análises clínicas e patológicas, ensaios acústicos, de vibração e choque, ensaios biológicos, ensaios de radiações ionizantes, ensaios elétricos e magnéticos, ensaios mecânicos, ensaios não destrutivos, ensaios ópticos, ensaios químicos e ensaios térmicos.

• Ensaios de proficiência

Ensaios de proficiência (EPs) são estudos interlaboratoriais utilizados como ferramentas de avaliação externa e demonstração da confiabilidade dos resultados analíticos laboratoriais. Servem também para identificar falhas e possibilitar a tomada de ações corretivas ou preventivas, sendo um dos itens necessários para a acreditação de ensaios pela Norma NBR ISO/IEC 17025:2005.[3]

• Calibração

Calibração é a comparação entre os valores indicados por um instrumento de medição e os indicados por um padrão.

• Certificação

A certificação é uma modalidade de avaliação da conformidade realizada por uma organização independente das partes diretamente envolvidas na relação comercial. Certificar um produto, serviço ou sistema significa comprovar junto ao mercado e aos clientes que a organização possui um sistema de fabricação controlado, investe em treinamento de pessoal, ou possui sistema de gestão ativo, garantindo que as atividades especificadas estão de acordo com as normas.[4]

• Análises clínicas

Exames de materiais biológicos, microbiológicos, imunológicos, químicos, imuno-hematológicos, hematológicos, biofísicos, citológicos, patológicos, com a finalidade de fornecer informações para o diagnóstico, prevenção e tratamento de doenças, ou para a avaliação de saúde de seres humanos, e que podem também oferecer

2. Ver Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT NBR ISO/IEC 17000. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/qualidade/iaac/pdf/avaliacao-conformidade.pdf>.

3. Ver Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde/Fundação Oswaldo Cruz – INCQS/Fiocruz. Disponível em: <http://www.incqs.fiocruz.br/index.php?option=com_content&view=article&id=94&Itemid=72>.

4. Fonte: ABNT. Disponível em: <http://www.abnt.org.br/m3.asp?cod_pagina=1001>.

serviços de consultoria e acompanhamento abrangendo todos os aspectos das investigações em laboratório, aí incluída a interpretação de resultados e conselhos sobre investigações adicionais apropriadas.[5]

- **Boas práticas laboratoriais (BPLs)**

Sistema da qualidade relativo à organização e às condições sob as quais os estudos em laboratório e no campo são planejados, realizados, monitorados, registrados, relatados e arquivados.[6]

- **Materiais de referência**

Materiais de referência certificados (MRCs) são materiais homogêneos e estáveis, acompanhados de um certificado onde constam o valor de uma propriedade e a incerteza de medição associada a este valor.[7]

5. Fonte: <http:// http://www2.inmetro.gov.br/cartadeservicos/> (2012).

6. Definição retirada de: "Critérios para a Habilitação de Laboratórios Segundo os Princípios das Boas Práticas de Laboratório BPL). Procedimento GGLAS 02/BPL Habilitação de laboratórios junto à REBLAS". Ministério da Saúde, 2001.

7. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/noticias/eventos/cursos/prod_cert_mr.asp>.

APÊNDICE B

QUADRO B.1

Número de infraestruturas em cada uma das instituições cobertas pelo levantamento

Instituição	Número de infraestruturas
Universidade Federal do Rio de Janeiro	211
Universidade Federal de Minas Gerais	141
Universidade Federal do Paraná	101
Universidade de São Paulo	101
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)	70
Universidade Federal de Santa Catarina	69
Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai)	67
Universidade Federal de Santa Maria	54
Universidade Federal da Grande Dourados	48
Universidade Federal do ABC	42
Universidade de Brasília	42
Universidade Estadual de Campinas	38
Universidade Federal do Rio Grande do Sul	38
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	34
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear	30
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares	29
Fundação Oswaldo Cruz	27
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia	27
Universidade Federal da Fronteira Sul	25
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina	24
Centro de Tecnologia Mineral	16
Universidade Federal de Uberlândia	16
Faculdade de Medicina de São José do Rio Preto	15
Universidade de Santa Cruz do Sul	15
Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais	14
Fundação Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações	14
Universidade de Caxias do Sul	14
Universidade do Estado do Rio de Janeiro	14
Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira	13

(Continua)

(Continuação)

Instituição	Número de infraestruturas
Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia	13
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro	13
Universidade Federal da Bahia	13
Universidade do Sul de Santa Catarina	12
Instituto Butantã	11
Museu Paraense Emílio Goeldi	11
Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca	10
Instituto Federal da Bahia	10
Instituto de Aeronáutica e Espaço	10
Instituto de Estudos Avançados	10
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo	10
Universidade Tecnológica Federal do Paraná	10
Faculdade de Tecnologia de São José dos Campos	9
Instituto Tecnológico de Aeronáutica	9
Universidade Federal do Espírito Santo	9
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul	8
Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira	8
Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer	7
Faculdade de Tecnologia de São Paulo	7
Observatório Nacional	7
Universidade Federal de São Carlos	7
Universidade de Passo Fundo	7
Universidade do Vale do Paraíba	7
Instituto Nacional de Tecnologia	6
Universidade Federal de Lavras	6
Universidade Federal de Sergipe	6
Universidade Federal do Rio Grande do Norte	6
Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas	5
Instituto Adolfo Lutz	5
Instituto Nacional do Semiárido	5
Instituto de Tecnologia de Alimentos	5
Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento	5
Universidade Federal de Ouro Preto	5
Universidade Federal de São Paulo	5

(Continua)

(Continuação)

Instituição	Número de infraestruturas
Universidade do Estado da Bahia	5
Fundação de Ciência e Tecnologia	4
Instituto de Pesquisa da Marinha	4
Laboratório Nacional de Computação Científica	4
Pontifícia Universidade Católica de Goiás	4
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho	4
Universidade do Estado do Amazonas	4
Associação Instituto Nacional de Matemática Pura e Aplicada	3
Comissão Nacional de Energia Nuclear	3
Centro Tecnológico do Exército	3
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás	3
Instituto Nacional de Telecomunicações	3
Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá	3
Instituto de Tecnologia do Paraná	3
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento	3
Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais	3
Universidade Federal Fluminense	3
Universidade Federal de Campina Grande	3
Universidade Federal de Goiás	3
Universidade Federal de Pernambuco	3
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro	3
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais	2
Centro de Pesquisa e Desenvolvimento	2
Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste	2
Fundação Mineira de Educação e Cultura	2
Instituto Agronômico de Campinas	2
Instituto de Estudos Avançados em Comunicações	2
Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul	2
Universidade Católica do Salvador	2
Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas	2
Universidade Estadual de Feira de Santana	2
Universidade Federal de Alagoas	2
Universidade Federal de Juiz de Fora	2
Universidade Federal de Pelotas	2

(Continua)

(Continuação)

Instituição	Número de infraestruturas
Universidade Federal de Viçosa	2
Universidade Metodista de Piracicaba	2
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte	2
Centrais Elétricas do Norte do Brasil	1
Centro Universitário da FEI	1
Centro de Análises de Sistemas Navais	1
Fundação Centros de Referência em Tecnologias Inovadoras (Certi)	1
Fundação Centro de Análise Pesquisa e Inovação Tecnológica	1
Fundação Universidade Regional de Blumenau	1
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo	1
Instituto Federal de Pernambuco	1
Instituto Ludwig de Pesquisa sobre o Câncer	1
Instituto de Pesquisas Tecnológicas de Blumenau	1
Instituto de Pesquisas da Marinha	1
Universidade Católica de Brasília	
Universidade Estadual de Londrina	1
Universidade Estadual de Maringá	1
Universidade Estadual do Oeste do Paraná	1
Universidade Federal Rural de Pernambuco	1
Universidade Federal da Paraíba	1
Universidade Federal de Itajubá	1
Universidade Federal de Mato Grosso	1
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul	1
Universidade Federal de Rondônia	1
Universidade Federal do Amazonas	1
Universidade Federal do Maranhão	1
Universidade Federal do Pará	1
Universidade Federal do Rio Grande	1
Universidade Federal do Vale do São Francisco	1
Universidade Tiradentes	1
Universidade de Pernambuco	1

CAPÍTULO 2

SISTEMA SETORIAL DE INOVAÇÃO EM DEFESA: ANÁLISE DO CASO DO BRASIL[1]

Flávia de Holanda Schmidt Squeff[2]

1 INTRODUÇÃO

Desde o início dos anos 2000, o setor de defesa tem obtido, de modo mais consistente, maior relevância na pauta das políticas públicas do governo brasileiro, em seus diversos aspectos. O principal documento norteador desse movimento é a Estratégia Nacional de Defesa (END), aprovada pelo Decreto nº 6.703, de 18 de dezembro de 2008, que trouxe nova concepção de defesa para o país. No texto da END, indica-se claramente a importância da ciência, tecnologia e inovação (CT&I) para a Defesa nacional. Analogamente, outras políticas públicas voltadas para o desenvolvimento econômico e social têm consistentemente elencado o complexo industrial de defesa e aeroespacial como áreas prioritárias, reconhecendo que a capacidade estratégica de defesa de um país está cada vez mais intrinsecamente relacionada ao seu potencial de desenvolvimento científico e tecnológico.

A constituição de um sistema setorial de inovação em defesa robusto e que dê amparo aos objetivos nacionais para o setor não pode prescindir da existência de uma infraestrutura científica e tecnológica igualmente robusta.[3] Assim, inserido em um projeto mais amplo que investiga este tema no país sob múltiplas perspectivas, este capítulo tem como objetivo discutir a organização do Sistema Setorial de Inovação (SSI) em defesa no Brasil, com ênfase na análise da infraestrutura de CT&I existente no país, *vis à vis* os objetivos nacionais para o setor (END, Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação – ENCTI, Plano Brasil Maior – PBM, Livro Branco de Defesa Nacional – LBDN, Política Nacional da Indústria de Defesa – PNID).

1. A autora agradece a Israel de Oliveira Andrade e Zil Miranda pelas valiosas críticas e sugestões feitas para o aperfeiçoamento deste trabalho. Todos os erros remanescentes são de exclusiva responsabilidade da autora.

2. Técnica de Planejamento e Pesquisa da Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação, Regulação e Infraestrutura (Diset).

3. A importância da infraestrutura científica e tecnológica para o desenvolvimento tecnológico dos países tem sido abordada há algum tempo por alguns autores internacionais, como Tornquist e Kallsen (1994); Autio, Hameri e Vuola (2004); Adams, Chiang e Jensen (2003); e Mazzoleni e Nelson (2007).

Pretende-se assim contribuir para o aprimoramento das políticas públicas essenciais ao desenvolvimento do setor no país, respondendo a questões como: qual é a infraestrutura científica e tecnológica que está envolvida em projetos da Defesa nacional? Qual o real potencial de contribuição desta infraestrutura para o atingimento dos objetivos nacionais de Defesa?

Além desta introdução, o capítulo conta com cinco seções. A seção 2 apresenta uma breve revisão da literatura sobre a importância da CT&I para a indústria de defesa. Na seção 3, é discutida a constituição e a evolução recente dos sistemas setoriais de inovação ligados à defesa em outros países do mundo, que assim trazem uma referência para a realização de algumas comparações entre os casos selecionados. A seção 4 apresenta o arcabouço normativo recente do Brasil em relação ao tema e expõe a constituição do SSI em defesa no país, o seu histórico, as empresas, políticas e instituições de pesquisa. A análise das informações coletadas no Mapeamento da Infraestrutura de Pesquisa[4] sobre a infraestrutura científica e tecnológica em defesa existente no país é feita na seção 5. Por fim, são tecidas algumas considerações finais.

2 A RELAÇÃO ENTRE CIÊNCIA, TECNOLOGIA & INOVAÇÃO E DEFESA

Se, durante grande parte da história humana, a atividade militar foi intensiva em trabalho, a mudança para meios mais intensivos em capital, ocorrida na segunda metade do século XIX, representa a inovação na guerra moderna, que deixou de ter como base o transporte de tropas e passou a ter como elemento central forças fortemente armadas (Markusen, 1986). Para Paarlberg (2004), é nesse momento que a chamada *corrida armamentista* passa em verdade a ter traços do que culmina, na atualidade, em uma *corrida científica*.

O movimento de mudança iniciado no século XIX não apenas seguiu ao longo do século subsequente como se intensificou, com gerações sucessivas de tecnologia, que evoluíram em uma alteração rápida do ambiente estratégico de combate. Como alerta Paarlberg (2004), durante a Segunda Guerra Mundial, a fonte de supremacia militar eram as capacidades industriais dos países. No decorrer da guerra, os Estados Unidos foram superiores porque podiam construir maior quantidade de armamentos, embora a Alemanha pudesse inovar mais. Entretanto, após o fim do conflito, foram as capacidades científicas que passaram a ser determinantes do êxito militar, levando os Estados Unidos à consolidação da liderança no setor.[5] Até a atualidade, é a dominância internacional norte-americana em campos da ciência e tecnologia diretamente ligados ao projeto e à utilização de armas, tais como

4. Uma exposição mais detalhada do projeto é feita em Squeff e De Negri (2014).

5. Entre as cem maiores empresas mundiais do setor de defesa, medidas pelas suas receitas de vendas de produtos e equipamentos militares, 45 firmas eram norte-americanas em 2012, segundo dados do Stockholm International Peace Research Institute (Sipri). Essas 45 firmas responderam por 56% dos U$ 444 bilhões negociados no mesmo ano.

a física, a química e a tecnologia da informação, que torna possível a supremacia militar daquele país. Assim, desde o fim da Segunda Guerra, novas tecnologias são continuamente aplicadas às armas e aos sistemas de armas, como destacam Markowski e Hall (1998), e a um ritmo célere de transformação tecnológica em eletrônica, materiais e *software*. O reflexo desse cenário foi o aumento dos custos unitários de equipamentos de defesa, dado que a maior capacidade das plataformas e dos sistemas implica aquisição de menos unidades.[6]

No final do século XX, contudo, o fim da Guerra Fria impôs uma nova realidade ao setor de defesa, com a queda global dos orçamentos dedicados à indústria. Neste sentido, o conceito de *self-reliance* evoluiu de uma perspectiva que focava a utilização de fontes domésticas para o fornecimento de equipamentos e bens de defesa para uma visão segundo a qual a *self-reliance* poderia ser atingida pela existência de firmas e centros de pesquisa nacionais com capacidades tecnológicas competitivas na área de defesa. Configurou-se deste modo um panorama em que a ênfase mudou de um alto volume de produção de novos sistemas de defesa para a manutenção da superioridade tecnológica por meio de P&D, essencial para a atualização, o suporte logístico e o controle das armas e da inteligência dos sistemas nelas embarcados. Alguns autores, como Koubi (1999), identificam este movimento como uma *disputa qualitativa* por armas, pois, diante do *trade-off* entre dedicar recursos à produção de armas existentes – o que seria a *disputa quantitativa*, segundo o autor – ou direcioná-los à P&D, passou-se então a priorizar a segunda opção.

É interessante observar que, assim como em outros setores (Mazzoleni e Nelson, 2007), se a cópia foi em algum momento uma opção viável para o *catch up* com os líderes tecnológicos,[7] esses movimentos tendem a ser cada vez mais raros em virtude de sua complexidade. É consensual que a supremacia militar na atualidade reside na supremacia científica, pois as inovações militares dominantes não são representadas apenas por novas armas, mas principalmente por sistemas completos de *hardware* e *software* – sensores, satélites, códigos de programas e sistemas de comandos, por exemplo, cuja operação exige equipes de pessoas tecnicamente qualificadas e treinadas (Paarlberg, 2004).

---

6. No último debate da campanha presidencial dos Estados Unidos, realizado em 22 de outubro de 2012, Mitt Romney, candidato que veio a ser derrotado nas urnas, questionou o seu oponente, o presidente Barack Obama, quanto ao fato de que a Marinha do país tinha menos navios em 2012 sob o seu comando que em 1917. A resposta de Obama ao seu então adversário foi: "*We also have fewer horses and bayonets because the nature of our military has changed*" – "Nós também temos menos cavalos e baionetas porque a natureza da nossa atividade militar mudou" (tradução nossa).

7. Paarlberg (2004) apresenta alguns exemplos de seguidores que, no passado, tiveram rápido êxito em reproduzir as inovações bélicas dos países líderes: quando a Inglaterra desenvolveu o supernavio HMS Dreadnought, em 1906, em apenas três anos a Alemanha construiu o seu próprio modelo. Décadas mais tarde, a União Soviética, mesmo cientificamente defasada, conseguiu, junto com os Estados Unidos, aperfeiçoar as inovações missilísticas da Alemanha após a Segunda Guerra Mundial. A primeira arma de detonação americana foi seguida por uma similar soviética apenas quatro anos depois, e a primeira arma de fusão nuclear em 1952, dos Estados Unidos, foi seguida por uma soviética apenas dez meses depois. A partir daí, observa-se uma inflexão nessa tendência, pois quando a ex-União Soviética lançou em 1957 o satélite Sputnik, os Estados Unidos responderam com investimentos muito superiores ao de seu rival, não apenas em programas de P&D voltados para armamentos, mas também em educação e ciência básica.

Mallik (2004), por sua vez, afirma que, a despeito do ritmo mais rápido de difusão tecnológica, em muitos campos, a lacuna entre países continuará igual ou até aumentará em decorrência do custo total alto e da complexidade de tecnologias sofisticadas, como a tecnologia *stealth*,[8] as armas inteligentes, os mísseis balísticos intercontinentais, os mísseis de cruzeiro estratégico e os submarinos nucleares, exemplos de tecnologias que, na visão do autor, seguirão restritas apenas a algumas nações que possuem meios econômicos e maturidade tecnológica para possuí-las. Desse modo, quando novas capacidades tecnológicas forem incorporadas no futuro por países líderes, como os Estados Unidos, poucos outros países terão tantos os meios como a motivação para investir pesadamente em combatê-los.

Uma característica bastante específica dos desenvolvimentos mais complexos na área militar tende a reforçar essa lacuna entre os países líderes e as demais nações: o longo ciclo de desenvolvimento de produtos na indústria. A dominância militar atual dos Estados Unidos decorre dos investimentos em C&T feitos entre as décadas de 1950 e de 1970 pelo departamento de defesa e outras agências federais (Denney, 2011). Este autor enfatiza que os resultados são diretamente relacionados aos esforços nos estágios mais precoces do ciclo de desenvolvimento de produto, na pesquisa e nos testes com tecnologias novas e inovativas. Uma implicação prática disso é que uma visão de curto prazo no setor pode comprometer a posição tecnológica do país em algumas décadas.

A despeito da lacuna existente entre os países no que concerne à tecnologia militar, uma característica contemporânea da inovação no setor tem chamado a atenção dos autores: no século XXI, diferentemente das décadas de 1950 e 1960, quando a maioria das tecnologias era desenvolvida sob os auspícios do chamado complexo industrial-militar dos Estados Unidos e da ex-União Soviética,[9] cada vez mais a tecnologia tem sido desenvolvida por empresas de setores tidos como *civis* (Mallik, 2004). Tecnologias comerciais civis agora estão fazendo o movimento conhecido como *spin in*, e produtores de equipamentos militares estão crescentemente se voltando para tecnologias civis que se adaptam para aplicações militares.

8. A tecnologia Stealth compreende um conjunto de medidas táticas e contramedidas de eletrônica passiva que envolve uma série de técnicas usadas em aeronaves, navios, submarinos, mísseis e satélites para torná-los menos visíveis ou, idealmente, invisíveis a radares, infravermelhos, sonares e outros métodos de detecção.

9. É bastante aceita na literatura a hipótese segundo a qual tecnologias militares foram essenciais para a geração de importantes benefícios econômicos que se espraiam pela economia. Chu e Lai (2012) e Ruttan (2006) afirmam que a tecnologia de defesa aumenta a produtividade agregada, potencializando o crescimento e aperfeiçoamento de bens públicos, como o desenvolvimento de tecnologias de propósito geral (*general-purpose technologies* – GPTs) que possuem aplicações civis, pelo *spin off*. Opõem-se a esse argumento, entretanto, autores como Dunne e Braddon (2008), para quem o papel da defesa não é incontestável, uma vez que o fato de que inovações surgiram no meio militar não impossibilita que elas tivessem ocorrido de qualquer forma. Estes autores afirmam ainda que a P&D militar não tem por objetivo central gerar benefícios econômicos, mas sim manter a capacidade das Forças Armadas. Qualquer *spin off* não deveria então ser uma motivação, mas uma consequência não pretendida, exceção feita aos casos de estratégia de desenvolvimento dual.

Dunne e Braddon (2008) identificam o início desse movimento na década de 1970, pela ascensão de novas indústrias e tecnologias, como a eletrônica e tecnologia da informação e comunicação (TIC). A eletrônica incorporou-se a quase todos os níveis de produtos de defesa, dos sistemas de armas ao comando e controle, fazendo com que os recursos de P&D migrassem das plataformas tradicionais de armas para as firmas de eletrônica e de computação.

A despeito do fato de que desde então o *mix* de conhecimentos utilizados para pesquisas civis e militares[10] não é de fato substantivamente diferente, Mallik (2004) aponta que a intensificação deste movimento nesse início de século se origina na vantagem de *timing* que os civis conquistaram, tendo assim recentemente estado à frente na maioria destas grandes áreas tecnológicas de interesse da defesa, pois, se outrora a inovação nos sistemas militares *puxava* a inovação em áreas civis, o processo longo e repleto de considerações complexas sobre integração, interoperabilidade e efetividade de custo que ocorre sob os auspícios das demandas da defesa não atende ao ritmo exigido pelo mercado na atualidade. Outras áreas de interesse militar além das TICs que vêm experimentando avanços no âmbito de pesquisas civis, na visão de Mallik (2004), são a aeronáutica, a eletrônica, a propulsão, o direcionamento, os sensores e a eletrônica digital.

Esse movimento que torna as fronteiras entre tecnologias militares e civis mais tênues tem algumas implicações decorrentes das características específicas do mercado de defesa. Em primeiro lugar, a rapidez com que ocorre o *turnover* tecnológico nas áreas civis, em que algumas inovações têm vida de prateleira de dezoito meses, não é adequada ao longo ciclo de vida dos equipamentos militares. Desse modo, ao incorporar muitas tecnologias integradas, os equipamentos militares tendem a ser precocemente vitimados pela obsolescência tecnológica de algumas partes que os fornecedores originais podem não ter compromisso de manter em produção ou em estoque. Além disso, não é possível, em muitos casos, retirar uma parte e fazer a sua atualização sem perturbar o funcionamento do sistema em sua totalidade (Mallik, 2004).

Paarlberg (2004), adicionalmente, afirma que o processo de transformar a tecnologia civil em militar não é trivial, pois mesmo que os sistemas militares sejam baseados em tecnologias fundamentalmente civis, eles ainda envolvem tecnologias que são especificamente militares e assim precisam ser independentemente desenvolvidas. Além disso, mesmo que todas as tecnologias componentes estejam disponíveis, o seu processo de integração em um *todo* que seja funcional é desafiante.

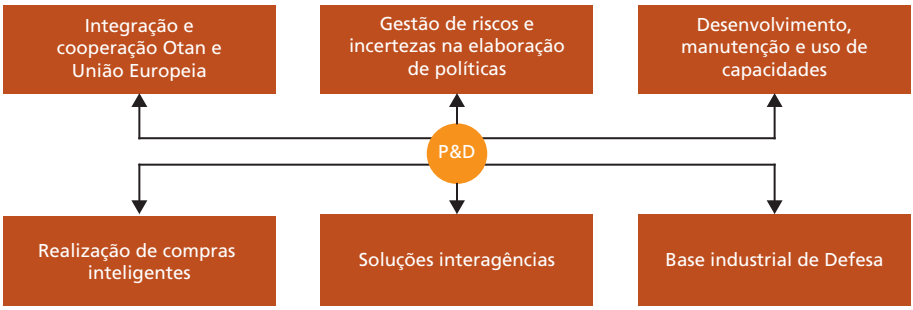
Essa tendência de incorporação de tecnologias civis tem impactos no equilíbrio geopolítico global, segundo Mallik (2004), uma vez que as tecnologias são geradas

10. Para Dunne e Braddon (2008), alguns campos do conhecimento tendem a dominar a área militar, como a física, as ciências dos materiais, as telecomunicações, a ciência aeroespacial e a ciência da informação.

dentro de empresas privadas que fornecem serviços ao governo de seus países, mas podem exportar para outros países sem muitas vezes passar pelos crivos dos regimes de controles de exportações que afetam as tecnologias tradicionalmente militares. Nesta perspectiva, esse movimento poderia assim representar o acesso de mais países a algumas capacidades militares que estavam até então disponíveis para algumas potências no passado. De certa forma, isso indica que a lacuna tecnológica entre os países mais avançados e os de nível médio poderá ser reduzida de forma geral.

Para Mallik (2004), as nações emergentes mais progressistas também se tornaram compradoras mais inteligentes, ao insistir na transferência de tecnologia em cada ação de aquisição. O autor reputa que a alta tecnologia é um mercado na atualidade, de modo que dificilmente o fornecedor recusará esses acordos pelo receio de ser vencido na competição. Exceção feita ao caso dos Estados Unidos, que continuamente investiu em P&D de alta tecnologia e inovação, a maioria dos demais participantes dos regimes multilaterais de controle de exportações parecem perder a sua fronteira tecnológica e, assim, a base para os controles de exportação. Jermalavičius (2009), em um trabalho que analisa as abordagens de P&D em defesa de alguns países da Organização do Tratado do Atlântico Norte (Otan), sumaria o papel da P&D em segurança e defesa (figura 1).

FIGURA 1
O papel da P&D em segurança e defesa



Fonte: Jermalavičius (2009).

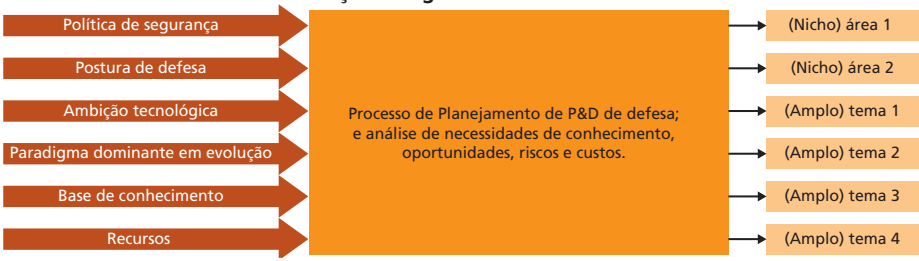
Outra característica que pode reforçar esse novo movimento de disputa tecnológica entre países na área de defesa é o fato de que, diferentemente do que ocorre em setores exclusivamente civis, nos quais um resultado do tipo *the winner takes it all* em uma disputa setorial pode induzir o competidor em desvantagem a migrar os recursos para outro projeto de P&D, na área militar, pode haver importantes benefícios para o país perdedor em fazer o *catch up* com o líder (Koubi, 1999). No modelo proposto pelo autor, o país em desvantagem nunca cede a posição e abandona a disputa, pelo menos enquanto algum benefício puder ser derivado de um eventual sucesso na obtenção de tecnologias relevantes, independentemente

da ordem de chegada entre os países ao final da disputa. A premissa para esse arcabouço proposto é justificada por Koubi (1999) pelo fato de que, na atualidade, inovações significativas na tecnologia de armas são potencialmente capazes de induzir modificações radicais na distribuição do poder.

Há assim um panorama em que a relevância militar dos países se torna cada vez mais uma disputa pela liderança tecnológica na produção de armas e sistemas de armas, em detrimento de uma situação anterior em que a capacidade industrial de fabricação de uma grande quantidade de armas era sinal de hegemonia. Esta complexidade crescente dos produtos de defesa tende a inviabilizar o êxito de estratégias de imitação que no passado foram usadas com sucesso por alguns países e, concomitantemente, torna economicamente ineficiente para cada país desenvolver todo o espectro de infraestrutura tecnológica necessária ao desenvolvimento inteiramente endógeno de seus produtos de defesa. Por sua vez, é cada vez mais intenso o uso de tecnologias consideradas civis para o desenvolvimento de aplicações militares.

A literatura indica, neste contexto, algumas alternativas possíveis. Perani (1998), ao analisar o caso italiano, aponta a necessidade de restruturação do sistema nacional de inovação militar, com a identificação de prioridades definidas na manutenção da P&D militar, especialmente nas áreas de excelência. Esta abordagem é adicionalmente sugerida por Jermalavičius (2009), que insere o processo de planejamento da P&D de defesa em um arcabouço amplo, vinculado a aspectos diversos, como exposto na figura 2. Assim, pela proposta do autor, a ação combinada dos fatores influentes deve ser analisada para a definição de nichos específicos ou áreas mais amplas de atuação na P&D em defesa.

FIGURA 2
Fatores influentes da definição da agenda de P&D de defesa



Fonte: Jermalavičius (2009).

Setter e Tishler (2005) afirmam que alguns países podem optar pela posição de meros seguidores, focando apenas em melhorias incrementais ou importações e outras nações podem preferir desenvolver tecnologia no estado da arte e, assim, estar entre os líderes mundiais em segmentos selecionados. Para

tanto, Setter e Tishler (2005) destacam que o desenvolvimento de infraestrutura tecnológica é essencial para o êxito dos projetos de P&D empreendidos. Mallik (2004), por fim, sugere que os países desenvolvam competências centrais em áreas tecnológicas críticas e sensíveis, alertando, porém, que apenas países que possuam infraestrutura científica e tecnológica e maturidade poderão realmente absorver alta tecnologia e se beneficiar do processo de difusão tecnológica ao redor do mundo.

3 SISTEMAS DE INOVAÇÃO EM DEFESA: COMPARAÇÕES INTERNACIONAIS

O arcabouço dos sistemas nacionais de inovação (SNIs) para analisar o desempenho inovativo e as políticas tem sido uma área importante e influente de estudos desde a primeira articulação do conceito. Conforme resumido por Mowery (2009), os SNIs incluem as instituições, as políticas e os atores que afetam a criação de conhecimento, os processos de inovação que se traduzem em pesquisa nas aplicações (tanto para venda comercial quanto uso em contextos de *não mercado*, como a Defesa nacional) e processos que influenciam a adoção de inovações.

A abordagem sistêmica coloca ênfase particular nos três principais componentes do sistema: as instituições e organizações que contribuem para a produção, difusão e uso de novos conhecimentos, que incluem firmas (fornecedores, usuárias e concorrentes), universidades, organizações de pesquisa pública e privadas e o governo (James, 2000). Outro ponto de interesse da abordagem, ainda segundo o mesmo autor, são as relações entre esses elementos e sua interdependência e interação no sistema, que pode ser formal ou informal, assim como baseada em meios de mercado e não mercado.

Embora os SNIs de diversos países tenham tido entre seus elementos centrais instituições e políticas intimamente relacionados à área de defesa e às suas aplicações, é curioso constatar que o papel da P&D em defesa no processo inovativo foi raramente abordado na literatura de economia da inovação. De forma mais clara, dentro da literatura que se dedica ao estudo do SNI, a escala e a organização da atividade tecnológica direcionada à Defesa nacional foram frequentemente notadas, mas raramente foram foco central de estudo (James, 2009; Mowery e Rosenberg, 1979).

Desse modo, a ampla literatura existente sobre os SNIs de fato dedicou pouca atenção ao papel do investimento em P&D de defesa e à inovação no setor. Uma das possíveis explicações, indicadas por Mowery (2009), é o fato de que grande parte da pesquisa sobre o tema foi realizada em economias pequenas, como da Escandinávia ou Europa Central, onde o gasto pós-1945 em defesa ocupou uma parcela pequena do gasto público total e uma parcela pequena do investimento em P&D. O autor soma a isso o fato de que em muitas das pequenas nações em que o gasto em defesa é parcela relevante do investimento

em P&D, tais como Taiwan, Israel e Coreia do Sul, pouca informação é revelada sobre os níveis de gasto ou sobre as políticas de inovação do setor, além de grande parte do trabalho sobre sistemas de inovação ter sido publicada após o fim da Guerra Fria, quando o gasto americano em defesa, assim como o de muitas nações industrializadas, declinou dramaticamente (Mowery, 2009).

Por sua vez, James (2009) afirma que a análise da mudança tecnológica no setor acabou por desenvolver sua própria comunidade com o seu grupo particular de questões e ligações fracas com o campo mais amplo dos estudos em inovação. Nas últimas duas décadas, os três principais focos de estudo desta vertente de pesquisadores foram: o desenvolvimento e a aplicação de tecnologias duais, a conversão e a diversificação de tecnologias relacionadas à defesa, as consequências da globalização e consolidação da indústria para a natureza da inovação em armamentos e a ecologia dos sistemas de inovação em defesa. Resta que nesse grupo de autores foram identificadas as maiores contribuições usadas neste trabalho sobre a constituição dos sistemas setoriais de inovação em defesa.

Assume-se, neste trabalho, o conceito de SSI em defesa proposto por James (2009): "um sistema setorial que reúne as organizações, instituições e relacionamentos que produzem, difundem e usam novos conhecimentos tecnológicos em apoio a missões da Defesa nacional".

Em grandes figuras, o sistema de ciência e tecnologia se compõe de seis agentes tecnocientíficos, segundo Ortega, Molas e Carpintero (2007):

a) as instituições ligadas diretamente ao governo e ao congresso e/ou parlamento que estabelecem as políticas de P&D e seu financiamento;

b) as agências federais responsáveis pelo desenvolvimento de grandes sistemas setoriais em estreita colaboração com as universidades, as indústrias e os centros de pesquisa;

c) as organizações militares dedicadas à P&D, em geral, com funcionamento próprio, de alguma forma separado das políticas gerais de P&D;

d) as empresas, os agentes de inovação que dedicam recursos importantes à P&D e que mantêm relações próximas com os âmbitos acadêmico e governamental;

e) o mercado, que propicia que as inovações, de natureza civil ou militar, passem a ser aplicadas de forma geral na sociedade, dando lugar ao que se chama de "tecnologias duais" no âmbito da segurança e defesa; e

f) a sociedade científica e acadêmica, as universidades, os centros de pesquisa, a academia, as sociedades científicas, os congressos, com relações com o mundo empresarial.

É interessante notar que apenas um dos agentes (c) tem caráter explicitamente militar. No contexto deste trabalho, em que os sistemas setoriais de inovação são analisados com foco especial na perspectiva da infraestrutura científica e tecnológica que dá suporte ao sistema, esta seção buscará tratar da constituição dos sistemas setoriais de inovação em defesa em casos selecionados, tendo como principal foco os agentes definidos *b* e *c* do arcabouço antes proposto.

Seis casos internacionais foram selecionados para análises: Reino Unido, Estados Unidos, Espanha, França, Suécia e China. Buscou-se selecionar países que tivessem adotado diferentes políticas e constituições para o SSI defesa, especialmente em relação à governança das relações institucionais, com o objetivo de enriquecer a análise de possibilidades de ação para o caso brasileiro.

3.1 Reino Unido

Os Government Research Defense Establishments (GRDEs) estavam no centro do sistema de inovação em defesa do Reino Unido. Ao fim da década de 1980, havia cinco principais laboratórios não nucleares com responsabilidade de pesquisa em sistemas navais, aeroespaciais, munições, armamentos e veículos militares, sistemas eletrônicos, armamentos e veículos militares e defesa química e biológica. Os estabelecimentos de pesquisa reuniam laboratórios especialistas e frequentemente infraestruturas únicas, como túneis de vento, tanques para navios e áreas de teste. Todos eram propriedade do governo e operados por ele. Os funcionários eram servidores civis, e o *funding* de pesquisa vinha do Ministério da Defesa (MD).

Além da pesquisa, para James (2009), esses GRDEs desempenhavam outros papéis críticos no sistema de inovação em defesa: testar e avaliar os equipamentos de defesa para as aquisições do MD; e aconselhar sobre a direção do programa de pesquisa e gestão daquelas que ocorriam extramuros. Eles também eram responsáveis pela gestão da colaboração internacional em pesquisa e troca de informações sobre pesquisa em defesa com os laboratórios de países aliados. Essas instituições mantinham um relacionamento muito próximo da indústria e do governo, uma vez que as novas tecnologias geradas pela pesquisa conduzida por eles eram transferidas às companhias que as usavam no desenvolvimento e na fabricação de novos equipamentos militares. Analogamente, quando as firmas submetiam propostas para desenvolver e fabricar equipamentos de defesa para o MD, eram os laboratórios que avaliavam os aspectos técnicos dessas propostas em nome do ministério.

Não obstante, como observado em outros países do mundo, na Europa, os ministérios da Defesa buscaram novos modelos para a gestão dos sistemas de C&T em defesa após o término da Guerra Fria, com a redefinição, em muitos casos, do papel dos GRDEs no contexto de mudança dos requisitos nacionais de segurança, redução orçamentária e a crescente importância de tecnologias duais e de origem

civil na inovação tecnológica militar. A resposta do Reino Unido foi a mais radical a estes desafios pós-Guerra Fria (James, 2009).

Em 1991, os quatro principais laboratórios não nucleares de defesa foram reunidos para criar a Defence Evaluation and Research Agency (Dera).[11] Com um *staff* de 12 mil pessoas, era a maior organização de pesquisa e tecnologia de sua natureza na Europa Ocidental, oferecendo pesquisa básica, análises e estudos operacionais, aconselhamento técnico em questões de compras e teste e avaliações. Além de fornecer pesquisa e serviços associados ao seu principal cliente e *proprietário*, ela distribuía e gerenciava a pesquisa *extramuros* do MD. A Dera e seus antecessores foram progressivamente expostos a uma dinâmica de consumidor-fornecedor na sua relação com os principais usuários públicos de sua pesquisa, e também buscava gerar mais fundos de suas atividades comerciais com clientes privados (Molas-Gallart, 2011).

Para James (2009), os impactos dessa mudança são de difícil mensuração, pela própria dificuldade de desenvolver métricas para avaliar os resultados da pesquisa em defesa. O autor destaca ainda a questão da competição entre a indústria e a Dera, pois a pesquisa da agência não estava sendo suficientemente traduzida em produtos de defesa que pudessem ser comprados da indústria pelo MD. Neste mesmo sentido, Molas-Gallart (2011) reforça que a tentativa de engajar a Dera em atividades comerciais gerou tensões, entre as quais o fato de que os servidores civis que até então pesquisavam em um ambiente quase acadêmico consideraram difícil ou mesmo não viam a necessidade de buscar prioridades comerciais no mercado. Desse modo, apesar de ter se tornado em poucos anos uma organização mais *business-oriented* e ter buscado incrementar o seu perfil comercial, uma tensão surgiu entre esses atores e o compromisso formal da Dera de dar apoio ao seu cliente prioritário.

A Dera permaneceu na estrutura organizacional do MD apenas até 2001, quando foi separada em duas instituições que alteraram fundamentalmente a organização do SSI Defesa inglês: uma parte foi privatizada e transformada em uma empresa denominada QinetiQ e outra ficou no MD e foi renomeada para Defence Science and Technology Laboratory (DSTL). O relacionamento entre o MD e a QinetiQ foi modelado como uma parceria público-privada (PPP) de 25 anos a partir de 2003, de modo que o governo continua a desempenhar um papel decisivo na orientação das atividades da empresa. A nova divisão do trabalho adotada se baseia principalmente no conceito de *base de conhecimento*, segundo a qual o DSTL exerce o papel de *expert* em integração de conhecimento e de um conselheiro para a escolha das tecnologias de interesse do MD (Avadikyan

11. Eram os seguintes laboratórios: Royal Aerospace Establishment (RAE); Admiralty Research Establishment (ARE); Royal Armament Research and Development Establishment (Rarde); e Royal Signals and Radar Establishment (RSRE).

e Cohendet, 2009). Além disso, o MD decidiu manter internamente atividades ligadas à troca estratégica de informação entre governos e competências ligadas aos estudos analíticos em apoio a decisões estratégicas.

Avadikyan e Cohendet (2009) enfatizam que a consequência do processo de externalização das atividades de C&T é a necessidade de que o MD estabeleça laços mais fortes com atores externos. Os mecanismos introduzidos nesse contexto refletem a emergência de uma estrutura de governança híbrida, combinando esquemas competitivos e cooperativos. Por um lado, o objetivo é favorecer uma real abordagem em rede por meio da criação das torres de excelência (ToEs) – representadas pelo DSTL – em torno de sistemas tecnológicos-chave. Por outro, uma abordagem focada no aumento da competição entre os atores foi iniciada por meio do Research Competition Programme.

No ano fiscal 2013/2014,[12] as receitas do DSTL foram de £$ 661 milhões, dos quais 93% foram provenientes de serviços prestados ao Ministério da Defesa. O relatório anual do laboratório reitera a necessidade de que o trabalho colaborativo e a atração de financiamento de fontes diversas do MD sejam mantidos como foco da instituição, em função da necessidade de manter a infraestrutura existente, para a qual não há demandas corriqueiras fora do governo ou fonte de fornecimento alternativa.

A QinetiQ é atualmente uma empresa de capital aberto, listada na London Stock Exchange (LSE), com operações nos Estados Unidos, na Bélgica, na Austrália, na Suécia e nos Emirados Árabes Unidos. Com mais de 9 mil empregados em todo o mundo,[13] a maior parte das receitas da empresa provêm de serviços prestados a governos, como assistência técnica, teste e avaliação e serviços de treinamento. No ano fiscal 2014/2015, as receitas foram de £$ 763,8 milhões.

3.2 Estados Unidos

Sendo considerado um caso paradigmático em CT&I em defesa, de fato, os Estados Unidos apresentam um histórico bastante particular de constituição do sistema setorial de inovação em defesa, haja vista o fato de que foi, em grande medida, o SSI defesa que deu forma ao sistema nacional de inovação do país. Mesmo quando comparado a outros países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), a escala do P&D americano de defesa é distintiva. O gasto em P&D de defesa norte-americano fez contribuições significativas à criação de uma infraestrutura de pesquisa no pós-guerra e foi uma fonte importante de inovações civis, novas empresas e treinamento de cientistas e engenheiros, como ressalta Mowery (2009). De fato, aponta o autor,

12. Para mais informações, consultar: <http://migre.me/rSzuo>.
13. Mais de 6 mil funcionários estão baseados no Reino Unido.

a reestruturação do SNI, entre 1930 e 1950, aumentou a escala e a importância da pesquisa em universidades, em função da disponibilidade de um grande orçamento federal em campos de pesquisa básica e aplicada da ciência e da engenharia, para criar a chamada *Universidade da Guerra Fria*.

Com efeito, as universidades norte-americanas há tempos fazem parte do sistema de inovação em defesa americano. Libaers (2009) afirma que o *pacto* entre os militares e a universidade remonta ao começo da Segunda Guerra Mundial, quando as lideranças militares decidiram direcionar recursos significativos para um número seleto de universidades intensivas em pesquisa com o objetivo de construir capacidade de P&D para projetos com aplicações militares. Algumas universidades de pesquisa foram ainda premiadas com contratos de gestão por longo prazo de laboratórios de propriedade do governo sob o chamado arranjo *government owned, contractor operated* (GOCO). Um atributo distintivo das universidades de pesquisa no sistema de inovação em defesa é que elas são o único ator que pode ser considerado como uma instituição inerentemente *open science*, cercada por atores que operam em níveis diversos de um *modus operandi closed science*.

A despeito da magnitude dos investimentos feitos na área, Mowery (2009) destaca que no período da Guerra Fria das décadas de 1940 e 1950, a política americana de ciência e tecnologia era o produto de decisões pouco coordenadas feitas em diversas áreas (incluindo aquisições) desenhadas para aperfeiçoar as missões das agências federais de forma individual. Em 1950, as maiores agências tinham iniciado audaciosos programas de P&D intra e extramuros. Em relação a isso, cabe registro para o papel proeminente que as firmas e as universidades assumiram no SSI de defesa norte-americano como atores de parcela importante da pesquisa financiada pelo Departamento de Defesa (DoD). Nesse modelo, foram comentados importantes laços interinstitucionais, cuja importância no arcabouço dos sistemas nacionais de inovação foi enfatizada por Freeman (1995). Ao mesmo tempo a interação entre estes atores contribuiu para a criação de uma infraestrutura de P&D que Cowan e Foray (1995) indicam como uma fonte importante dos benefícios econômicos de P&D e compras militares empreendidos pelo país. Essas conexões mais fortes com instituições civis distinguem os programas americanos daqueles do Japão, da França e do Reino Unido.

Por sua vez, constituiu-se assim um sistema mais fragmentado. Os estabelecimentos de pesquisa americanos voltados para defesa não estão organizados sob um mesmo departamento: enquanto a maioria das infraestruturas é administrada pelo DoD, os laboratórios de armas nucleares (*weapon labs*) eram parte do Departamento de Energia (DoE). Molas-Gallart (2011) indica que as capacidades intramuros do DoD em P&D foram também fragmentadas em dúzias de laboratórios e infraestruturas de pesquisa, tanto operadas pelo governo quanto pelos fornecedores.

As atividades C&T são planejadas e conduzidas pelos departamentos e pelas agências de defesa militares, sendo os departamentos engajados principalmente em pesquisa aplicada para dar aos militares capacidades para as suas forças, e as agências sendo responsáveis por programas multisserviços e pesquisa mais básica e genérica. A mais relevante entre estas é a Defense Advanced Research Projects Agency (Darpa).

Desse modo, Libaers (2009) sumaria os principais atores do Sistema de Inovação em Defesa norte-americano: o aparato administrativo do DoD e do DoE; os laboratórios do DoD espalhados pelo país; as universidades americanas de pesquisa; os laboratórios de armas nucleares e as plantas de produção do DoE; os contratados e subcontratados de defesa e as firmas civis privadas, além do congresso e da administração federal norte-americana.

A participação da defesa nos desembolsos federais de P&D foram maiores que 50% em praticamente todo o período compreendido entre 1949 e 2005. Um dos mais notáveis pontos de inflexão nestes gastos é certamente o declínio que se seguiu ao fim da Guerra Fria,[14] que ocorreu não apenas nos Estados Unidos, mas também em diversos países do mundo, dando início a uma fase de reconfiguração geral do setor de defesa global.

Molas-Gallart (2011) indica que, na década de 1990, o governo federal controlava mais de setecentos laboratórios e infraestruturas de pesquisa, e havia uma forte pressão pela consolidação e obtenção de novas missões que pudessem prover *funding* para as suas atividades, consoante o declínio dos recursos disponíveis. Diferentes estratégias foram buscadas pelos laboratórios. Um dos principais *weapon labs*, o Lawrence Livermore National Laboratory (LNLL), por exemplo, tinha, no início da década de 1950, quase toda a sua pesquisa focada em armas nucleares e, em 1997, menos que metade de suas atividades de pesquisa voltadas para esse tema.

Outros exemplos de diversificação apresentados por Molas-Gallart (2011) foram os Los Alamos National Laboratory e o Sandia National Lab, que definem suas principais missões como relacionadas à defesa, e apenas usarão suas capacidades para buscar outros objetivos quando estes forem críticos para reter as competências centrais em defesa. Áreas consideradas de importância estratégica para o futuro dos laboratórios incluem questões de energia e ambientais, biociência, transporte e manufatura avançados, bioinstrumentação e tecnologia de assistência à saúde e genômica.

A reversão desse movimento de queda dos desembolsos federais do setor só se deu após os eventos associados ao 11 de setembro de 2001: ganhou a pauta uma nova agenda de P&D em defesa, a partir de então mais focada em contraterrorismo, especialmente no desenvolvimento de tecnologias para combater armas químicas,

14. Uma análise detalhada do comportamento do gasto mundial em defesa nesse período é feita em Silva Filho e Moraes (2012).

biológicas e radioativas[15] (Mowery, 2009). Uma distinção importante feita pelo autor entre o ciclo de P&D em defesa fomentado pela Guerra Fria e este mais recente é o fato de que naquele momento muito do investimento era relativamente aberto aos pesquisadores não militares, em contraste com a tendência de que mais restrições e maior confidencialidade dos programas seja a tônica deste ciclo mais recente.[16] A política em vigor governando a complexa relação entre a comunicação científica e a segurança nacional foi desenhada e emitida pela administração Reagan em meados dos anos 1980, e reforçada em novembro de 2001, sendo amplamente conhecida como a Diretiva 189 – Decisão de Segurança Nacional (NSDD 189). A diretiva enfatiza que se a segurança nacional garantir controle do fluxo de informação científica e de engenharia, o mecanismo apropriado é a classificação pela agência federal relacionada.

O governo criou uma classe de controles federais de segurança das informações técnicas e científicas que foi rotulado como *sensível, mas não classificado* (SBU). Desde 2001, as restrições adicionais impostas têm o potencial de alterar a característica da pesquisa nas universidades americanas como instituições sociais de livre investigação. Além disso, as cláusulas restritivas podem ter algumas consequências negativas para as universidades e seus relacionamentos com empresas, inclusive os contratados de defesa. Um dos itens do USA Patriot[17] Act estipula que, apenas em razão de sua origem nacional e sem qualquer indicação de que eles geram qualquer risco à segurança nacional, pesquisadores e cientistas estrangeiros de 25 países precisam ser barrados pelos laboratórios de pesquisa que usam *agentes selecionados* (certas categorias de toxinas e agentes biológicos que podem ser usados para atividades bioterroristas), pois a lei proíbe a entrada desses indivíduos nos laboratórios (Libaers, 2009).

Além disso, será cada vez mais difícil comercializar tecnologias promissoras de uso dual em razão da imposição de regras muito restritivas de divulgação de invenções, pelas quais, por exemplo, apenas certas partes genéricas de uma tecnologia sensível podem ser reveladas em oposição a implementações mais sistêmicas de *software* ou sistemas físicos. Finalmente, existe a possibilidade de que alguns acadêmicos podem optar por evitar o financiamento militar em razão das restrições adicionais e escolhem buscar outros tipos de recursos (Rosenwald, 2003 *apud* Libaers, 2009).

Mowery (2009) ressalta que a pesquisa classificada tende a produzir *spill overs* tecnológicos ou baseados em conhecimentos limitados, e os programas de compras públicas (*defense procurement*) tendem a gerar menores taxas de *spin off*. Assim, o autor

15. Mowery (2009) ressalta também o aumento de gastos em segurança interna (*homeland security*).

16. Soma-se a isso o fato de que a participação de estrangeiros (incluindo cidadãos não americanos matriculados como alunos em universidades americanas) na pesquisa envolvendo alguns tipos específicos de equipamentos de laboratório pode ser limitada por futuras políticas cobrindo tecnologias que sejam previstas para exportação.

17. Acrônimo de Uniting and Strengthening America by Providing Appropriate Tools Required to Intercept and Obstruct Terrorism Act de 2001.

indica que esse crescimento de investimento pós-11 de setembro tende a produzir menores benefícios econômicos.

3.3 Espanha

O caso da Espanha guarda alguma semelhança com o caso do Brasil em função do caráter tardio do estabelecimento de políticas de C&T. Como pontua Ortega, Molas e Carpintero (2007), não se pode falar com propriedade em políticas de C&T até os anos 1980, dado que apenas em 1986 foi promulgada a Lei da Ciência. Os autores indicam que, embora as instituições militares[18] espanholas tenham contribuído para a industrialização do país, é apenas a partir da década de 1980 que elas se inserem no desenvolvimento da política científica e tecnológica espanhola.

O desenvolvimento endógeno de tecnologias militares não foi uma prioridade logo no início da década de 1980, pois, embora o MD não descartasse a colaboração com a educação e indústria, estava mais interessado no desenvolvimento de grandes sistemas de interesse militar (futuro avião de combate, fragatas etc.), por meio da cooperação internacional e das contraprestações industriais.

Desde então, foram dados passos para uma maior integração da P&D de caráter militar nas políticas gerais espanholas. Assim, em 2001, foi aprovado, pela Secretaria de Estado de Defesa, o *Plano diretor de P&D de defesa*, cujas áreas e diretrizes estariam refletidas no plano nacional para 2004-2007. Este plano estabelece dez áreas temáticas prioritárias, entre as quais se encontra a relativa à *segurança e defesa*. A gestão dele ficou a cargo do MD, por meio da Dirección General de Armamento y Material (DGAM), estrutura orgânica do ministério cuja competência abrange a preparação e publicação de editais de seleção de projetos de P&D de interesse da defesa.

Ainda durante a década 1997-2007, o financiamento dos programas de pesquisa, desenvolvimento e inovação no setor de defesa foi muito alto, de modo que a Espanha chegou a ser o quinto país europeu por volume de recursos destinado para a defesa. Os indicadores de inovação industrial do país mostram que a defesa está acima da média geral dos demais setores, o que, na visão de Ortega, Molas e Carpintero (2007), provaria que, quando há um planejamento sustentado, financiamento suficiente e boa coordenação, bons resultados são obtidos.

Na atualidade, encontra-se em vigor o *Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación 2013-2016*, que tem por objetivo desenvolver e financiar a atuação da administração federal espanhola em relação à PD&I, de modo que os objetivos e as prioridades estabelecidos no plano nacional, a *Estrategia Española de Ciencia y Tecnología y de Innovación 2013-2020*, sejam alcançados. Dentro do

18. O Ministério da Defesa (MD) foi criado em 1980 na Espanha, com a união dos três ministérios militares.

plano estatal amplo se insere a *Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa* (ETID), com diretrizes definidas da política de P&D de armamento e material definida no Plan Director de Armamento y Material da DGAM.

Na estrutura do MD, três centros de pesquisa militares se destacam: o Instituto Tecnológico – La Marañosa (ITM); o Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial – Esteban Terradas (Inta); e o Canal de Experiencias Hidrodinámicas de El Pardo (Cehipar). Nesses centros, segundo informações do MD, atuam mais de 2 mil pessoas, entre civis e militares, dedicados a diversas áreas de pesquisa, entre as quais a prevenção a riscos nucleares, biológicos e químicos, eletrônica, optrônica, *laser* e mecânica de precisão. Cabe especial destaque para o caso do ITM, criado em 2006 para concentrar os centros tecnológicos que até então dependiam dos antigos ministérios militares: o Taller de Precisión y Centro Electrotécnico de Artillería (TPYCEA), a Fábrica Nacional de La Marañosa (FNM), o Laboratorio Químico Central de Armamento (LQCA), o Centro de Investigación y Desarrollo de la Armada (Cida), o Polígono de Experiencias de Carabanchel (PEC) e o Centro de Ensayos Torregorda (CET). O Inta e o Cehipar, embora presentes na estrutura do MD espanhol, são organismos autônomos, que contam com personalidade jurídica própria e autonomia de gestão.

Além desses institutos, existe ainda a Ingeniería de Sistemas para la Defensa (Isdefe) de España, uma empresa pública ligada ao MD do país que oferece serviços de consultoria e engenharia para a administração pública espanhola e também para organismos internacionais, como as Nações Unidas, a Comissão Europeia, a Agência de Defesa Europeia e a Otan. A empresa possui mais de 1,6 mil funcionários, dos quais 88% são pessoal técnico. As principais áreas de atuação da Isdefe são defesa e segurança; organização, processos e energia; transportes e TICs; estações e engenharia aeroespacial.

3.4 França

No caso francês, o sistema sob o qual se organiza a pesquisa em matérias de defesa é complexo (Ortega, Molas e Carpintero, 2007). Embora exista uma gestão centralizada dos recursos, há uma ampla rede de estabelecimentos técnicos e de pesquisa que forma uma estrutura conectada estritamente com diferentes departamentos ministeriais, agências governamentais e empresas públicas e privadas.

A principal agência encarregada do desenvolvimento e compra de sistemas de armamentos é a Direction Générale de l'Armement (DGA). Criada em 1977, a agência se converteu em um elemento central da estratégia tecnológica e industrial do Ministério da Defesa francês, ao qual é vinculada. A DGA participa de todos os aspectos do desenvolvimento e produção de novos sistemas de armamento, incluindo a definição de estratégias industriais genéricas e de projetos, a gestão

de programas e a realização de pesquisa científica e estratégica por meio de vários centros de pesquisa. A partir de uma ampla reforma empreendida nos anos 1990, o MD francês decidiu pela transição de uma agência de programas para uma agência de compras. Com esse novo papel, desde então têm se estabelecido crescentemente relações cliente/fornecedor na DGA e no MD, o que de certa forma segue o que ocorreu no Reino Unido.

A DGA dirige e conduz pesquisa com o objetivo de dominar a tecnologia que será necessária para a construção dos futuros equipamentos das Forças Armadas, em um trabalho que vai desde a demonstração tecnológica até a pesquisa básica. O objetivo indicado pela agência é a construção de uma base tecnológica europeia para a defesa e segurança. Para o desenvolvimento tecnológico, a DCNS apoia organizações civis de pesquisa com foco em tecnologias duais.

Na França, há diversos órgãos com distintos *status* organizacionais de P&D em defesa: entre eles se encontram empresas, universidades, a própria DGA e laboratórios públicos de pesquisa, como o CEA e o Onera.

O Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives (CEA) – Comissariado de Energia Atômica e Energias Alternativas –[19] é um órgão público que conta com dez centros na França, cujas atividades vão além da pesquisa nuclear e incluem atividades em tecnologia da informação, saúde e outras tecnologias de defesa. Desde 2004 mudou de *status*, passando de estabelecimento público de pesquisa para assumir caráter científico, técnico e industrial. O CEA dispõe de um conselho de administração e é gerido de forma semelhante a uma empresa, mas sujeito às normas públicas de gestão, como as que exigem sistemas de avaliação e controle interno. Ocupando mais de 16 mil pessoas, entre técnicos, engenheiros, pesquisadores e outros colaboradores, a instituição reporta ter realizado, em 2013, 754 depósitos de patentes, além de ter gerado 169 *start ups* tecnológicas desde 1972. O orçamento anual informado é de € 4,3 bilhões.

Outro grande centro de C&T francês é o Office National d'Études et de Recherches Aérospatiales (Onera) – Escritório Nacional de Estudos e Pesquisas Aeroespaciais. Tendo sido criado em 1946 sob a estrutura do Ministério da Defesa, em 2013, o escritório tinha, nos seus oito centros espalhados pelo território francês, 2.018 funcionários, entre os quais 218 doutores. O orçamento anual é de € 223 milhões, e a instituição relata que mais de 60% de suas atividades são realizadas sob contrato, o que o coloca no patamar dos centros mais subvencionados na Europa: os pesquisadores do Onera desempenham cinco vezes mais atividades contratuais que a média nacional. Seus bancos de prova são os mais importantes do país no setor

19. A agência ganhou esse nome em 2010, pois até então era denominada apenas como *Comissariado de Energia Atômica*.

aeronáutico, com mais de doze túneis de vento, dos quais três de categoria mundial. Para a transferência de tecnologia, o Onera criou a Pesquisa em Parceria para a Inovação (PRI) – Partenariat Recherche Innovation –, que permite o desenvolvimento de sinergia entre os objetivos estratégicos industriais e a *expertise* científica e técnica da instituição.

Ortega, Molas e Carpintero (2007) avaliam que o alcance das relações entre pesquisa militar e aplicações civis na França é objeto de avaliações desencontradas. As políticas de uso dual parecem se destinar mais à aplicação de tecnologias civis no campo militar que o contrário.

3.5 Suécia

Na Suécia, o FOI (Totalförsvarets Forskningsinstitut – órgão de pesquisa em defesa) é uma agência do MD que dispõe de mil funcionários,[20] divididos em várias áreas de pesquisa, entre os quais estão desde físicos, químicos, engenheiros, cientistas sociais, matemáticos e filósofos até advogados, economistas e profissionais de tecnologia da informação. Embora seja um órgão público vinculado ao MD, a maioria das atividades da instituição é designada e paga pelos clientes, que são principalmente as Forças Armadas (43% da receita operacional bruta) e a Swedish Defence Material Administration (16% da ROB) e o Ministério da Defesa (15% da ROB), de modo que é mantida assim entre essas partes uma relação cliente/fornecedor. Em 2012, cerca de 14% da receita da agência foi proveniente de recursos de projetos do governo. Demandas de setores civis e de autoridades públicas do país não diretamente relacionadas à defesa são presentes também. A receita operacional bruta da instituição em 2012 foi equivalente a US$ 165 milhões. Ortega, Molas e Carpintero (2007) indicam que esta forma de atuação é relativamente recente na Suécia, pois, no início dos anos 1990, o organismo de pesquisa era financiado por orçamentos centrais, sem vinculação a nenhum programa específico.

3.6 China

O desenvolvimento da base industrial de defesa chinesa ganhou novo fôlego na última década, após ter ficado até o final do século XX em estado crítico em razão das medidas protecionistas direcionadas à indústria na era Maoísta (Cheung, 2011). Mesmo que experimentado a partir de uma base reduzida, o progresso tem sido bastante significativo: o objetivo do país é fazer o *catch up* até 2020.

20. Entre os cerca de mil funcionários, 850 são pesquisadores e trezentos possuem doutorado.

Cheung (2011) analisa aspectos relacionados às principais mudanças que impactam este movimento. As capacidades mais importantes para a economia de defesa chinesa incluem o aparato de pesquisa e desenvolvimento, o *pool* de talentos de cientistas e engenheiros, o acesso ao mercado de capitais e fundos de investimento, o aparato industrial de defesa, o papel dos conglomerados de defesa, ligações com fluxos externos de tecnologia e redes de inovação global e os benefícios da integração de atividades civis e militares, sumariadas no quadro 1.

QUADRO 1
Reforma e consolidação da indústria de defesa chinesa

Hard capabilities	
Aparato de pesquisa e desenvolvimento	O aparato chinês de P&D tem sido submetido a uma revisão de amplo alcance desde o fim dos anos 1990. Os objetivos dessa reforma eram aperfeiçoar as capacidades de pesquisa, diversificar a supervisão da gestão e as fontes de fundos do Estado para o setor privado, derrubar as barreiras que mantinham o sistema de P&D de defesa afastado do restante do SNI e criar ligações próximas com universidades e centros de pesquisa civis.
Transformação dos conglomerados de defesa	Os dez conglomerados de defesa chineses emergiram ao longo da primeira década dos anos 2000 para se tornarem a engrenagem mais importante do sistema de inovação em defesa por diversas razões. Em primeiro lugar, eles possuem e gerenciam uma grande parte do aparato de P&D; a sua crescente força financeira permite que estas firmas invistam pesadamente em atividades inovativas; a sua colaboração com firmas estrangeiras e atuação em mercados externos os tornam canal importante de conhecimento e tecnologia externos; é interesse central dessas firmas apoiar o desenvolvimento de mecanismos institucionais que protejam os resultados de suas atividades inovativas, especialmente fortalecendo os direitos de propriedade intelectual.
Treinamento de nova geração de cientistas e engenheiros de defesa	A economia de defesa do país tem uma demanda grande e crescente por novas gerações de cientistas, gerentes, engenheiros e força de trabalho bem treinados para substituir os postos em envelhecimento de sua força de trabalho de quase 2 milhões de pessoas e para preencher posições criadas pelo surgimento de novos setores de alta tecnologia. As sete universidades afiliadas à State Administration for Science, Technology and Industry for National Defense (Sastind)[1] registram um aumento de 86% na sua população de estudantes entre 1999 e 2005. O número de pós-graduandos também aumentou em relação à população de alunos.
Acesso a fluxos externos de tecnologia	Grande parte do crédito pelo progresso chinês é atribuído à importação e à absorção de tecnologia e conhecimento do exterior, notadamente da Rússia. Os prognósticos para o futuro da relação entre os países não são animadores, em razão da crescente desconfiança, parte em razão dos esforços chineses para fazer engenharia reversa de modo ilícito a partir de armas russas. Essa diminuição de acesso à tecnologia estrangeira e aos fluxos de conhecimento pode ser um freio ao desenvolvimento de capacidades inovativas. A economia de defesa pode se beneficiar da crescente interdependência entre a China e as economias globais, especialmente em áreas de alta tecnologia, eletrônica e TICs.

(Continua)

(Continuação)

Soft capabilities	
Liderança nacional	Apoio e direcionamento ativo e confiável dos níveis mais altos de *policy-making* e das lideranças políticas são fatores cruciais para o desenvolvimento de atividades inovativas.
Cultura industrial e normas de governança em mudança	Um dos grandes desafios nessa área é superar a mentalidade institucional conservadora e insular formada por décadas de planejamento central. Isso significava uma forte aversão ao risco, falta de instintos competitivos, pouca motivação e fracas práticas disciplinares. Uma campanha conhecida como *quatro mecanismos* foi lançada no fim da década de 1990 para tratar de *deficits* de governança em quatro áreas centrais: competição, avaliação, supervisão e encorajamento e incentivos.
Influência crescente do usuário final militar	A emergência do Exército de Libertação Popular (People's Liberation Army) como o ator dominante no direcionamento da P&D de defesa foi um fator importante de desempenho. Sob o atento olhar do GAD, a economia de defesa mudou de *empurradas pela tecnologia* para *puxar a demanda* para focar cada vez mais em exigências dos usuários finais.

Fonte: Cheung (2011).

Nota: [1] Essas universidades Sastind são o principal canal de talentos para a economia de defesa. Dos 284 mil estudantes que se graduaram nestas universidades entre 1999 e 2005, 18% foram atuar na economia de defesa, entre os quais 35% eram mestres ou doutores, o que indica que os talentos recrutados pelos estabelecimentos de C&T de defesa parecem mais qualificados que o resto do SNI. O influxo de jovens talentos está transformando a face demográfica da economia de defesa.

4 CONSTITUIÇÃO DO SISTEMA SETORIAL DE INOVAÇÃO EM DEFESA NO BRASIL

A breve revisão empreendida na seção 2 deste trabalho evidenciou não somente a importância do desenvolvimento tecnológico para a pretendida consolidação de uma robusta base industrial de defesa no país,[21] mas antes sinalizou também que este objetivo não pode prescindir da existência de uma base científica e tecnológica adequada. No Brasil, a criação do então Centro Técnico Aeroespacial (CTA),[22] na década de 1940, e a inauguração do Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA), em 1950, pavimentaram o advento e a expansão do complexo aeroespacial de São José dos Campos, em um caso frequentemente citado como exemplo do êxito da ação governamental para o desenvolvimento industrial do país. No início da década de 1960, a influência do CTA e do ITA seria determinante para o surgimento de um núcleo de pessoal qualificado e firmas de engenharia na cidade, como a Neiva e a Avibras, e, em 1969, para a criação da Embraer (Rodengen, 2009).

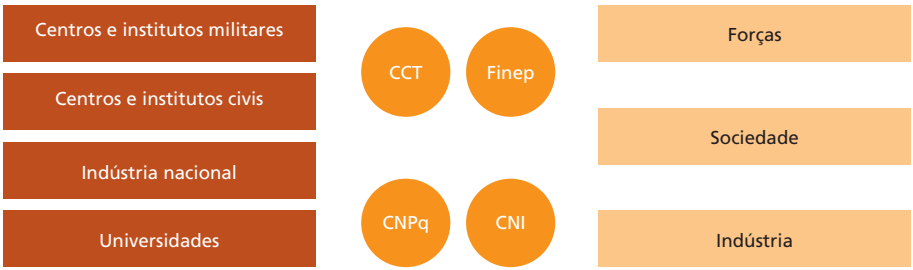
21. A Estratégia Nacional de Defesa (END) estabeleceu a revitalização da indústria de material de defesa como um dos três eixos estruturantes para a defesa do país, ao lado da reorganização das Forças Armadas e da sua política de composição dos efetivos.

22. O CTA seria mais tarde rebatizado em algumas ocasiões, sendo, desde 2009, o Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA).

De fato, o imperativo da institucionalização dos laços entre a CT&I e a área de defesa tem sido alvo de esforços governamentais na última década. Nesta seção, são abordadas as principais iniciativas neste sentido, com o objetivo de criar um quadro de referência que permita, em etapa subsequente do projeto mais amplo em que se insere este trabalho, analisar criticamente as potencialidades, os limites e os gargalos do sistema nacional de inovação em alavancar a competitividade do Complexo Industrial de Defesa.

De forma esquemática, é apresentada na figura 3 a constituição do chamado *Sistema Integrado de Ciência, Tecnologia e Inovação* em Defesa no país.

FIGURA 3
Sistema Integrado de Ciência, Tecnologia e Inovação em Defesa



Fonte: Ministério da Defesa (Brasil, 2003).

No Brasil, as três Forças Armadas possuem órgãos de direção-geral e setorial na área de ciência e tecnologia, que são subordinados diretamente aos comandantes das forças em sua estrutura organizacional. Na Marinha do Brasil (MB), a Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação da Marinha (SecCTM); no Exército Brasileiro (EB), o Departamento de Ciência e Tecnologia (DCT); e na Força Aérea Brasileira (FAB), o Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA). Essas estruturas atuam como órgãos centrais executivos, no planejamento, na orientação, na coordenação e no controle das atividades científicas, tecnológicas e de inovação das forças; e coordenam, no âmbito delas, os órgãos executivos. No quadro 2, são identificadas as unidades de pesquisa e desenvolvimento ligadas a cada uma das forças, que seriam, assim, os *centros e institutos militares* da figura 2.

QUADRO 2
Órgãos setoriais e executivos em Ciência, Tecnologia e Inovação

Força	Unidade/OM	Áreas de atuação
Marinha do Brasil Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação da Marinha (SecCTM)	Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTMSP)	Energia nuclear
	Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM)	Bioincrustação marinha, monitoramento ambiental e medição de onda
	Institutos de Pesquisa da Marinha (IPMs)	Armas, guerra acústica, guerra eletrônica, materiais e sistemas digitais
	Centro de Análise de Sistemas Navais (Casnav)	Sistemas estratégicos e operativos, pesquisa operacional, sistemas administrativos, criptologia e avaliação de segurança e modelagem e simulação
	Centro de Hidrografia da Marinha (CHM)	Informações ambientais
	Centro Tecnológico do Corpo de Fuzileiros Navais (CTECCFN)	Pronto-emprego e o abastecimento do material específico do corpo de fuzileiros navais
Exército Brasileiro Departamento de Ciência e Tecnologia (DCT)	Instituto Militar de Engenharia (IME)	Química, computação e engenharias
	Centro Tecnológico do Exército (CTEx)	Comunicação, comando e controle, defesa eletrônica e telemática, simuladores, munições e sistemas de armas, automação de armamentos, materiais, química, automação e robótica e defesa bacteriológica, química e nuclear
	Centro de Comunicações e Guerra Eletrônica do Exército (CCOMGEX)	Comunicações e guerra eletrônica
	Centro de Desenvolvimento de Sistemas (CDS)	Comunicações e segurança da informação
	Centro Integrado de Telemática do Exército (CITEx)	Comunicações e segurança da informação
	Diretoria de Fabricação (DF)	Fabricação, revitalização, adaptação, transformação, modernização e nacionalização do material de emprego militar
	Diretoria de Serviço Geográfico (DGS)	Geotecnologias
	Centro de Avaliações do Exército (CAEx)	Materiais de emprego militar
Força Aérea Brasileira (FAB) Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA)	Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA)	Computação e engenharias
	Instituto de Fomento e Capacitação Industrial (IFI)	Normalização, metrologia, certificação, propriedade intelectual, transferência de tecnologia e coordenação industrial,
	Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE)	Aerodinâmica, eletrônica, integração e ensaio, mecânica, materiais, química, propulsão aeronáutica, sistemas aeronáuticos, sistemas de defesa, sistemas espaciais e qualidade e confiabilidade espacial
	Instituto de Pesquisas e Ensaios em Voo	Ensaios em voo e pesquisa aplicada
	Instituto de Estudos Avançados (IEAv)	Fotônica, física aplicada, geointeligência, aerotermodiânica e hipersônica e energia nuclear

Fonte: Informações disponíveis nos endereços eletrônicos das organizações militares.

Os centros e institutos civis seriam representados pelas universidades e instituições de pesquisa que, estando fora da alçada institucional do Ministério da Defesa e dos comandos militares, eventualmente pudessem realizar pesquisas de interesse das Forças Armadas do país. Um levantamento bastante exploratório nesse sentido foi realizado em Squeff (2014), a partir da associação identificada no Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq (DGP-CNPq) destas instituições com as empresas fornecedoras da Defesa nacional.[23] Embora possa ser considerado como um indicativo da participação de instituições civis na pesquisa científica e tecnológica de interesse de defesa, o esforço envolve duas principais limitações, a saber: de um lado, as pesquisas feitas em parcerias e registradas no DGP podem não estar relacionadas à unidade de negócios de defesa das empresas e, de outro, o fato de nem todas as parcerias entre universidades e empresas com vistas a desenvolvimentos tecnológicos serem registradas no DGP, as quais podem assumir outros formatos de ação colaborativa de difícil identificação.

A indústria nacional, por sua vez, seria representada pelas empresas do setor que desenvolvessem atividades de P&D. A partir de uma base de mais de oitocentas empresas identificadas como parte da base industrial de Defesa nacional,[24] segmentadas em oito grupos principais de produtos de defesa, identificou-se que 326 destas empresas constavam como respondentes da Pesquisa de Inovação (Pintec) 2011. Entre estas 326 firmas, 198 informaram ter realizado inovações de produto ou de processo no período compreendido entre 2009 e 2011. A tabela 1 detalha mais esses dados.

A título de comparação, os resultados gerais da Pintec 2011 mostram que, no período 2009-2011, do universo de 128.699 empresas com dez ou mais pessoas ocupadas, 45.950 implementaram produtos ou processos novos ou significativamente aprimorados, correspondendo a uma taxa geral de inovação de 35,7%. Consideradas em conjunto, as firmas identificadas que fizeram parte da amostra da Pintec tiveram uma taxa geral de inovação de 60,7%. Mesmo quando consideradas por segmentos que são bastante heterogêneos entre si, o segmento com taxa geral de inovação mais baixa (equipamentos de uso individual) apresenta 50%.

A tabela 2 indica o dispêndio das firmas selecionadas do setor de defesa em atividades inovativas no período entre 2009 e 2011. O total dos dispêndios nas atividades inovativas das empresas inovadoras representou 2,56% da receita líquida de vendas em 2011 para toda a amostra da Pintec. Para esta subamostra, foi de 4%. Assim, ainda que de forma preliminar, é possível apontar que as empresas do setor também desempenham um papel importante no sistema setorial de inovação em que estão inseridas.

23. Essas empresas foram identificadas em Schmidt, Moraes e Assis (2012).

24. As empresas referenciadas aqui foram identificadas no escopo de um projeto amplo, envolvendo a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) e o Ipea (Convênio nº 021/2013).

TABELA 1
Empresas que implementaram inovações e/ou com projetos segundo os grupos de empresas selecionados – Brasil (2009-2011)

Grupos de empresas selecionados	Total	Que implementaram inovações											Que não implementaram inovações			
		Total	De produto			De processo			De produto e processo	Com projetos				Com projetos			
			Total	Novo para a empresa	Novo para o mercado nacional	Total	Novo para a empresa	Novo para o mercado nacional		Total	Incompletos	Abandonados	Ambos	Total	Incompletos	Abandonados	Ambos
Segmento A	8	6	5	2	3	4	4	1	3	3	2	-	1	1	1	-	-
Segmento B	30	26	26	11	17	20	12	8	20	19	13	3	3	-	-	-	-
Segmento C	142	80	63	36	36	66	53	19	49	45	27	3	15	9	8	1	-
Segmento D	10	7	7	3	5	6	5	2	6	3	3	-	-	-	-	-	-
Segmento E	17	14	13	5	9	14	10	5	13	11	10	-	1	-	-	-	-
Segmento F	81	41	29	12	19	37	26	12	25	24	19	1	4	4	3	-	1
Segmento G	22	16	14	5	10	15	7	9	13	13	8	1	4	-	-	-	-
Segmento H	16	8	7	4	3	8	6	3	7	4	2	-	2	1	1	-	-

Fonte: Dados da pesquisa.
Obs.: Foram consideradas as empresas que implementaram produto e/ou processo novo ou substancialmente aprimorado.

TABELA 2
Valor dos dispêndios relacionados às atividades inovativas desenvolvidas segundo os grupos de empresas selecionados – Brasil (2009-2011)

Grupos de empresas selecionados	Empresas																	
			Dispêndios realizados nas atividades inovativas															
	Total	Receita líquida de vendas (R$ 1 mil)	Total		Atividades internas de pesquisa e desenvolvimento		Aquisição externa de pesquisa e desenvolvimento		Aquisição de outros conhecimentos externos		Aquisição de *software*		Aquisição de máquinas e equipamentos		Treinamento		Introdução das inovações tecnológicas no mercado		Projeto industrial e outras preparações técnicas	
			Número de empresas	Valor R$ 1 mil	Número de empresas	Valor R$ 1 mil	Número de empresas	Valor R$ 1 mil	Número de empresas	Valor R$ 1 mil	Número de empresas	Valor R$ 1 mil	Número de empresas	Valor R$ 1 mil	Número de empresas	Valor R$ 1 mil	Número de empresas	Valor R$ 1 mil	Número de empresas	Valor R$ 1 mil
Segmento A	8	1. 498, 411	5	59. 024	4	34. 124	3	5. 600	2	(x)	2	(x)	5	11. 000	1	(x)	2	(x)	2	(x)
Segmento B	30	5. 880, 625	24	274. 157	21	168. 143	10	23. 447	3	653	12	4. 528	14	22. 569	11	1.726	11	49.813	6	3.277
Segmento C	142	34. 857, 702	71	628. 340	55	333. 358	15	7. 858	13	2. 501	33	26. 262	44	183. 068	38	6 695	30	56.276	26	12.322
Segmento D	10	1. 647, 969	6	35. 483	5	18. 449	1	(x)	2	(x)	5	2. 457	5	10. 139	5	389	2	(x)	2	(x)
Segmento E	17	83. 767, 653	13	2. 746, 458	13	1. 350, 302	7	299. 649	2	(x)	9	8. 442	10	723. 818	7	20.773	9	188.021	3	(x)
Segmento F	81	15. 401, 045	39	1. 434, 383	22	640. 278	5	(x)	2	(x)	17	4. 944	27	633. 621	19	20.449	13	52.025	6	35.674
Segmento G	22	2. 540, 780	15	167. 166	13	68. 801	4	5. 332	3	10. 674	6	3. 672	9	27. 364	6	441	6	49.935	3	947
Segmento H	16	14. 639, 981	7	45. 204	6	34. 708	3	2. 155	1	(x)	3	623	6	6. 926	5	392	2	(x)	1	(x)

Fonte: Dados da pesquisa.
Obs.: Foram consideradas as empresas que implementaram produto e/ou processo novo ou substancialmente aprimorado.

No período recente, a atuação institucional conjunta entre o Ministério da Defesa e o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) remonta a 2003, quando foi lançada a *Concepção estratégica: ciência, tecnologia e inovação de interesse da Defesa nacional*,[25] baseada em diretrizes propostas em seminário realizado ainda em 2002 (Brasil, 2003). Precedendo iniciativas que se sucederam ao longo dos anos 2000, esta concepção ressalta que "a pesquisa e o desenvolvimento em C&T passam a ficar voltados para a indústria nacional" e destaca o papel do MD como articulador dos projetos de CT&I de interesse do setor. O documento lança as bases do Sistema de Ciência, Tecnologia e Inovação em Defesa (SisCTID), e, em um de seus dez objetivos estratégicos, se volta para o *Aprimoramento da infraestrutura de C&T de apoio a programas e projetos de interesse da Defesa nacional*. Tanto os objetivos estratégicos como as suas diretrizes de implantação, expressos na *Concepção Estratégica*, viriam a ser posteriormente consolidados no ano seguinte pela Política de Ciência, Tecnologia e Inovação para a Defesa nacional, pela publicação da Portaria Normativa nº 1.317/MD, de 4 de novembro de 2004 (Brasil, 2004).

Uma das contribuições relevantes consolidada na *Concepção Estratégica* é a identificação de *Áreas estratégicas de demanda da Defesa nacional* e das *tecnologias de interesse da Defesa nacional*, que resultou em uma matriz entre áreas e tecnologias, ilustrada na figura 4.[26]

FIGURA 4
Mapeamento entre áreas e tecnologias de interesse da Defesa nacional

Tecnologias/áreas	Ambiental	Biomédica	Sistemas de armas	Energia	Espacial	Materiais	Micro e nanotecnologia	Tecnologia de informação	Telecomunicações
Fusão de dados	■		■		■		■	■	■
Microeletrônica		■	■		■	■	■	■	■
Sistemas de informação			■					■	
Radares de alta sensibilidade	■		■						■
Ambientes de sistemas de armas	■		■						■
Materiais de alta densidade energética			■	■	■	■	■		
Hipervelocidade			■		■				
Potência pulsada			■	■					

(Continua)

25. Para mais informações, ver: <http://goo.gl/CHq4BN>.

26. A matriz resultou de um trabalho conjunto feito por especialistas convidados, a partir de uma pesquisa sobre os modelos existentes e praticados no exterior no campo da CT&I de Defesa. Os modelos usados como referência foram o desenvolvido no Air Force Institute of Technology (Afit), o modelo denominado Militarily Critical Technologies List (MCTL), o modelo do Western European Armaments Group (WEAG) e o modelo do Battelle Memorial Institute. Os dois primeiros modelos foram gerados no âmbito do Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América (DoD); o terceiro, dentro do cenário integrado das Forças Armadas da Comunidade Europeia; e o quarto, dentro de um instituto norte-americano civil de pesquisas, desenvolvimento e inovação tecnológica, como relata o texto da própria *Concepção Estratégica*.

(Continuação)

Tecnologias/áreas	Ambiental	Biomédica	Sistemas de armas	Energia	Espacial	Materiais	Micro e nanotecnologia	Tecnologia de informação	Telecomunicações
Navegação automática de precisão									
Materiais compostos									
Dinâmica dos fluidos computacional (CFD)									
Sensores ativos e passivos									
Fotônica									
Inteligência de máquinas e robótica									
Controle de assinaturas									
Reatores nucleares									
Sistemas espaciais									
Propulsão com ar aspirado									
Materiais e processos em biotecnologia									
Defesa química, bacteriológica e nuclear (DBQN)									
Integração de sistemas									
Supercondutividade									
Fontes renováveis de energia									

Fonte: Brasil (2003).

Seguiu-se a isso a Política de Defesa Nacional (PDN), Decreto nº 5.484, de 30 de junho de 2005 (Brasil, 2005). Sendo o documento condicionante de mais alto nível do planejamento de defesa do país, a PDN contempla um amplo espectro de temas ligados à defesa e à segurança nacional, tendo, ainda assim, evidenciado em seu conteúdo a relevância da CT&I em duas de suas diretrizes estratégicas: "estimular a pesquisa científica, o desenvolvimento tecnológico e a capacidade de produção de materiais e serviços de interesse para a defesa" e "intensificar o intercâmbio das Forças Armadas entre si e com as universidades, instituições de pesquisa e indústrias, nas áreas de interesse de defesa".[27]

27. Em julho de 2012, a Presidência da República encaminhou ao Congresso Nacional, por meio da Mensagem Presidencial nº 323, de 17 de julho de 2012, novas propostas de atualização da PDN, da END e ainda o *Livro Branco da Defesa Nacional*. No que tange à PDN, as alterações feitas não colocam em segundo plano as diretrizes anteriores em relação à CT&I: na seção dedicada à caracterização do país, a proposta afirma que "A persistência de ameaças à paz mundial requer a atualização permanente e o aparelhamento das nossas Forças Armadas, com ênfase no apoio à ciência e tecnologia para o desenvolvimento da indústria nacional de defesa. Visa-se, com isso, à redução da dependência tecnológica e à superação das restrições unilaterais de acesso a tecnologias sensíveis – desenvolver a indústria nacional de defesa, orientada para a obtenção da autonomia em tecnologias indispensáveis". Entre os objetivos nacionais, figura "desenvolver a indústria nacional de defesa, orientada para a obtenção da autonomia em tecnologias indispensáveis". Em relação à END, permanece a prioridade aos mesmos setores estratégicos, inclusive pela formação de recursos humanos, com mais bolsas de pesquisa, a política "não se limitará à ciência aplicada, de emprego tecnológico imediato. Beneficiará, também, a ciência fundamental e especulativa". A íntegra das propostas está disponível em: <http://goo.gl/jZgu0b>.

A institucionalização da ação conjunta entre o MD e o MCTI fortaleceu-se em 2007, com a edição da Portaria Interministerial nº 750 (Brasil, 2007), com objetivo de viabilizar soluções inovadoras para o atendimento das necessidades deste segmento. Assim, a estrutura da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) passou a incorporar o Departamento de Institutos de Pesquisa em Áreas Estratégicas (Dipa),[28] sob a égide do qual foram reunidos os projetos correlatos ao tema de defesa que se encontravam até então espalhados pelos departamentos da empresa. Segundo Acioli (2011), em função do caráter estratégico dos projetos apoiados, muitos dos quais com alto grau de complementaridade, a falta de uma visão unificada no âmbito da Finep prejudicava o seu devido acompanhamento, dificultando ainda que a empresa assumisse um papel mais proeminente na função indutora de novos desenvolvimentos.

Em 2008, a Estratégia Nacional de Defesa faz referência à Política de Ciência, Tecnologia e Inovação para a Defesa nacional, preconizando que exista um planejamento nacional para desenvolvimento de produtos de alto conteúdo tecnológico, com envolvimento coordenado das instituições científicas e tecnológicas (ICTs) civis e militares, da indústria e da universidade, com a definição de áreas prioritárias e suas respectivas tecnologias de interesse, e a criação de instrumentos de fomento à pesquisa de materiais, equipamentos e sistemas de emprego de defesa ou dual, de forma a viabilizar uma vanguarda tecnológica e operacional pautada na mobilidade estratégica, na flexibilidade e na capacidade de dissuadir ou de surpreender (Brasil, 2008a).

É mister ressaltar que, em decorrência da END, mudanças institucionais foram feitas no âmbito do MD, com a criação da Secretaria de Produtos de Defesa (Seprod),[29] ao qual está vinculado o Departamento de Ciência e Tecnologia Industrial (Decti).

Fora do âmbito do MD, em 2008, foi lançada a Política de Desenvolvimento Produtivo – PDP (Brasil, 2008b), que considerou o complexo industrial de defesa como um dos programas mobilizadores em áreas estratégicas, e, em 2011, foi lançado o Plano Brasil Maior – PBM (Brasil, 2011), nova política governamental de desenvolvimento industrial, de inovação e de comércio exterior que substituiu a PDP, no âmbito da qual foi aprovada a Medida Provisória nº 544, convertida, em março de 2012, na Lei nº 12.598, com medidas de incentivo/proteção às empresas nacionais de produtos de defesa (Schmidt, Moraes e Assis, 2012). Merece ainda destaque, no ano de 2010, a publicação da Portaria Normativa do MD nº 1.888, de 23 de dezembro, que aprova a Política de Propriedade Intelectual do Ministério da Defesa.

28. Na Resolução da DIR nº 272, de setembro de 2012, o Departamento de Institutos de Pesquisa em Áreas Estratégicas (Dipa) passou a ser denominado "Departamento de Tecnologias Aeroespacial e de Defesa (DTAD)", sendo desde então vinculado à Superintendência Regional de São Paulo da Finep.

29. Decreto nº 7.364, de 23 de novembro de 2010.

Por fim, a Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação no período 2012-2015 (Brasil, 2012), que tem como um de seus eixos de sustentação o *Fortalecimento da pesquisa e da infraestrutura científica e tecnológica*, também aponta entre os setores prioritários cujas cadeias devem ser impulsionadas o complexo industrial de defesa e o setor aeroespacial. Nos dois setores, a ENCTI destaca, respectivamente a importância dos *centros de excelência em pesquisa existentes na Marinha, no Exército e na Aeronáutica* e *a infraestrutura laboratorial e de centros de controle do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais* (INPE) *e do DCTA*. É oportuno destacar que, a despeito do texto da ENCTI tratar explicitamente da infraestrutura científica e tecnológica diretamente vinculada ao MD e ao MCTI – no caso do INPE –, é amplamente reconhecido que centros de pesquisa ligados a universidades e empresas no país têm, ao longo dos anos, contribuído para o desenvolvimento tecnológico do setor.

5 INFRAESTRUTURA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA EM DEFESA NO BRASIL

O conteúdo discutido nas seções anteriores evidencia, pelo lado da literatura, que o progresso científico é o alicerce capaz de propiciar aos países sistemas nacionais de defesa mais modernos, ágeis e eficientes em seus objetivos estratégicos; o arcabouço normativo brasileiro, por sua vez, tem sido, ao longo dos últimos anos, consistente em afirmar a aspiração nacional pelo desenvolvimento endógeno de produtos de defesa tecnologicamente competitivos. Assim, é relevante reunir informações sobre as características e o real potencial desta infraestrutura em suportar esse objetivo.

5.1 Aspectos metodológicos: seleção das infraestruturas

Uma das principais contribuições do projeto em que se insere este trabalho é justamente a exploração da constituição de diversos sistemas setoriais de inovação sob uma perspectiva ainda pouco utilizada na literatura: a da infraestrutura de pesquisa existente e que pode ser aplicada com vistas ao desenvolvimento tecnológico desses setores.

A primeira etapa para tanto foi a identificação das infraestruturas nacionais que são voltadas para o SSI Defesa. Como abordado nas seções anteriores, a distinção precisa de fronteiras entre tecnologias civis e tecnologias militares tem se tornado crescentemente mais difícil e, consequentemente, a definição de quais áreas do conhecimento, instituições e infraestruturas são dedicadas ao setor.

Assim, a partir da base de 1.760 infraestruturas identificadas na coleta de dados em 2013, optou-se por selecionar, para a análise deste capítulo, apenas aquelas que estão organizadas em instituições de pesquisa vinculadas ao Ministério da Defesa. Embora, também, como visto neste texto, é bastante possível que outras infraestruturas da amostra também desenvolvam atividades com aplicação no setor, a ausência de setor(es) específico(s) de atividade econômica que possam ser diretamente associados à defesa dificulta esta identificação precisa.

5.2 Características gerais da infraestrutura de pesquisa

Segundo o critério exposto, foram identificadas 44 infraestruturas, todas classificadas como laboratórios.[30] Todas as infraestruturas estão localizadas na região Sudeste, como expõe a tabela 3. Essa concentração justifica-se pelo fato de que a maior parte das instituições de pesquisa ligadas ao MD e às forças singulares encontra-se nesta região do país. A Marinha do Brasil possui diversas instituições localizadas no estado do Rio de Janeiro, onde ainda permanece grande parte da esquadra nacional, e possui um Centro Tecnológico em São Paulo. O Exército brasileiro conta com o Instituto Militar de Engenharia e com o seu Centro Tecnológico e o Centro de Avaliação do Exército.[31] No caso da Força Aérea Brasileira, os laboratórios estão concentrados no *campus* do DCTA.

TABELA 3
Localização e área física das infraestruturas de pesquisa

Região	Número de infraestruturas	Número de instituições	Área física
Sudeste	44	8	16.445,30

Fonte: Dados da pesquisa.

Outro dado exposto pela tabela 3 é em relação à área física: os 44 laboratórios somados totalizam uma área física de mais de 16 mil metros quadrados. Na média, cada laboratório teria assim 373 m^2, o que indicaria que essas infraestruturas contam com áreas maiores que em outros setores analisados neste projeto.

A tabela 4 indica como as infraestruturas se distribuem entre as diferentes grandes áreas do conhecimento. Cada respondente foi solicitado a indicar quais grandes áreas do conhecimento estariam associadas às infraestruturas, tendo sido permitido que mais de uma área fosse selecionada, razão pela qual a soma excede 44. Quase 80% das infraestruturas indicou a área de engenharias, seguida pelas ciências exatas e da Terra. Apenas duas infraestruturas se associaram às ciências biológicas.

TABELA 4
Análise das infraestruturas do SSI Defesa por grande área do conhecimento

Grande área	Número de infraestruturas	(%)
Ciências biológicas	2	3,7
Ciências exatas e da Terra	18	33,33
Engenharias	34	62,96

Fonte: Dados da pesquisa.

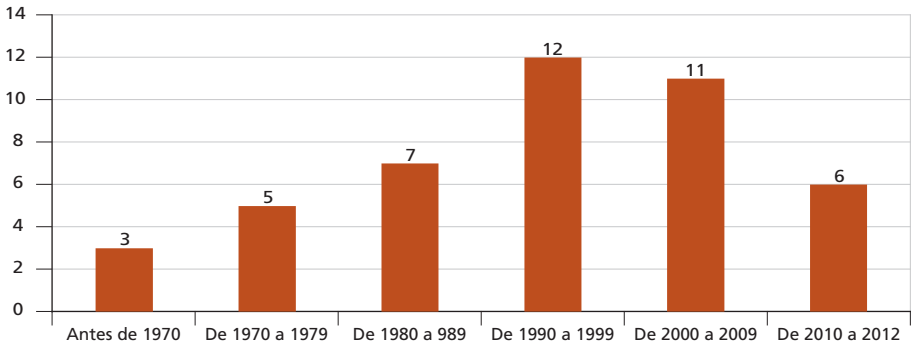
30. Cada infraestrutura da amostra foi solicitada a indicar qual era o tipo de infraestrutura, entre as seguintes opções: base de dados, biblioteca ou acervo, biotério, centro de computação científica, *datacenter* ou infraestrutura de TI, coleção de recursos biológicos, coleção de recursos minerais, estação ou fazenda experimental, estufa, câmara de crescimento ou viveiro, laboratório de informática para uso didático, estação ou rede de monitoramento, estufa, câmara de crescimento ou viveiro, laboratório, navio de pesquisa ou laboratório flutuante, observatório, planta ou usina-piloto ou outro.

31. Encontra-se em curso no Exército um projeto para a consolidação das instituições em um *campus* único em Barra de Guaratiba, zona oeste do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://goo.gl/dcipxx>.

Ainda nas questões voltadas à caracterização geral das infraestruturas, foi identificado quando os laboratórios iniciaram suas operações. A maior parte deles foi criada desde a década de 1990, com uma expansão desde o início dos anos 2000. Este fato parece estar relacionado com a consolidação da área de ciência e tecnologia no âmbito das Forças Armadas nacionais.

É oportuno notar que o período compreendido entre 1970 e o fim da década de 1980, associado ao chamado *período de ouro* da indústria de defesa nacional, quando as empresas do setor vivenciaram o ápice das exportações, parece estar associado à existência de uma infraestrutura científica e tecnológica bastante reduzida. Algumas hipóteses podem ser levantadas para esta constatação. Uma primeira possibilidade é que os laboratórios de pesquisa da área existentes à época possam ter encerrado suas atividades e dado lugar a novas infraestruturas, mais alinhadas com as necessidades científicas e tecnológicas contemporâneas. Nesse mesmo sentido, seria ainda razoável supor, como exposto nas seções anteriores, que, até o fim dos anos 1980, a infraestrutura científica e tecnológica mais robusta não fosse tão relacionada com o desenvolvimento da competitividade da indústria como o é na atualidade, dado que os principais produtos exportados pelo Brasil à época não eram marcados por seu elevado conteúdo tecnológico.[32]

GRÁFICO 1
Início das operações das infraestruturas



Fonte: Dados da pesquisa.

A tabela 5 indica quais as fontes de financiamento que aportaram recursos nos laboratórios em estudo no ano de 2012.[33] O orçamento próprio das instituições foi indicado como a maior fonte de recursos, seguido pela Petrobras. Se o orçamento próprio não é um resultado surpreendente, a participação expressiva da Petrobras no financiamento total concedido a essas infraestruturas merece destaque, uma vez que o aporte foi feito a poucos laboratórios da amostra. A terceira maior fonte de financiamento é a Finep, com recursos distribuídos a onze laboratórios, ou 25% da amostra, seguido das fundações de apoio à pesquisa (FAPs).

32. Uma análise detalhada das empresas exportadoras do país e dos produtos é feita em Moraes (2012).
33. Como explicitado no capítulo dedicado à metodologia do projeto, a coleta de dados foi feita em 2013, tendo como referência o ano de 2012.

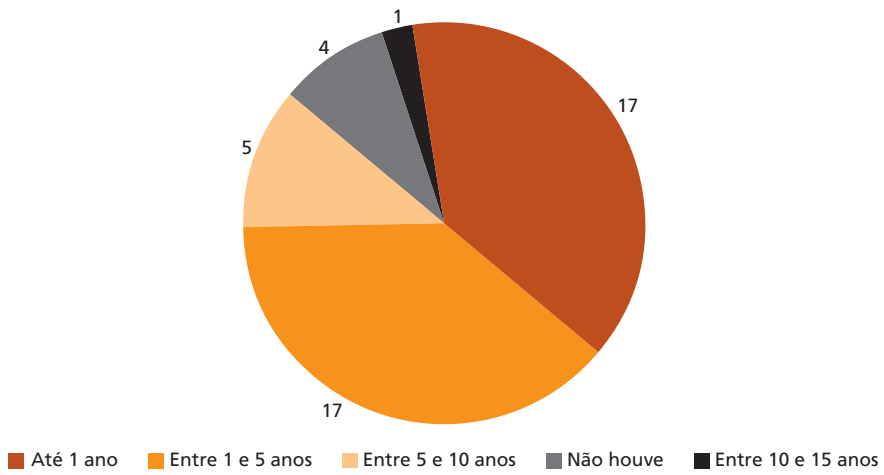
TABELA 5
Financiamentos recebidos por entidade financiadora

Entidade financiadora	Renda (R$)	Contribuição (%)	Número de infraestruturas
Própria instituição	19.061.500	26,44	14
Petrobras	16.902.628	23,45	5
Finep	15.639.347	21,69	11
Fundo Estadual de Amparo	5.122.000	7,11	10
Empresa privada	4.524.711	6,28	6
Outra	4.193.131	5,82	3
CNPq	2.564.000	3,56	12
Capes	2.022.000	2,8	9
Prestação de serviços	2.000.000	2,77	5
Outra empresa pública	60.000	0,08	1

Fonte: Dados da pesquisa.

O levantamento feito buscou identificar quando foi feita a última modernização relevante de equipamentos nos laboratórios ou mesmo a modernização de toda a infraestrutura. Assim como o observado na amostra mais ampla da pesquisa,[34] a maior parte das instituições passou por modernização nos últimos cinco anos: 34 infraestruturas, ou 77% da amostra de estudo, informaram ter passado por modernização nos últimos cinco anos.

GRÁFICO 2
Período da última modernização dos equipamentos ou de toda a infraestrutura dos laboratórios



Fonte: Dados da pesquisa.

34. Os resultados preliminares para a amostra ampla de estudo foram divulgados em Squeff e De Negri (2014).

5.3 Recursos humanos

Na tabela 6, são expostos os totais e a média por laboratório do número de pessoas em atividade. Os resultados indicam um relativo equilíbrio entre o número de profissionais de apoio administrativo e de pesquisadores: um total de 145 pessoas atuam nas áreas de apoio técnico e administrativo dos laboratórios, enquanto 170 pesquisadores são dedicados às atividades finalísticas das infraestruturas. Considerando esse total de 170, tem-se que, na média, cada laboratório conta com menos de quatro pesquisadores, o que indica, *a priori*, uma baixa escala de atuação dessas infraestruturas.[35] Nesse aspecto, este grupo de laboratórios pouco se diferencia da amostra ampla, em que números bem próximos foram obtidos.

TABELA 6
Recursos humanos

Estatísticas	Apoio técnico e administrativo	Pesquisadores	Pesquisadores (%)
Soma	145	170	0,57
Média	3	4	0,65

Fonte: Dados da pesquisa.

Ainda em relação aos recursos humanos, outros aspectos foram analisados, como o tipo de vínculo existente entre os membros da equipe técnica e administrativa e os pesquisadores e as infraestruturas, assim como a titulação destes.

Em relação ao tipo de vínculo das equipes técnicas e administrativas, os resultados são expostos na tabela 7. No caso do SSI Defesa nacional, 70% dos membros dessas equipes são servidores ou funcionários das instituições, os resultados foram bastante próximos aos observados na amostra completa (66%). Em torno de 20% são prestadores de serviço ou terceirizados e pouco mais de 10% possuem outro tipo de vínculo. A predominância de vínculos menos frágeis parece ser um fator positivo para o desempenho destas instituições, pois evita a solução de continuidade na gestão e no apoio às atividades finalísticas dos laboratórios.

TABELA 7
Tipo de vínculo – equipes técnicas e administrativas

Tipo de vínculo	Número de técnicos
Outro	16
Prestador de serviço/terceirizado	31
Servidor/funcionário	102

Fonte: Dados da pesquisa.
Obs.: O número total excede 145, uma vez que alguns podem fazer parte, com diferentes vínculos, das equipes de mais de um laboratório.

35. Em relação ao número de pesquisadores, o valor mínimo observado foi um pesquisador e o máximo 29 pesquisadores.

A tabela 8 realiza exatamente a mesma análise para os pesquisadores que atuam nestas 44 infraestruturas. É notável nesse caso que os resultados foram bem distintos daqueles observados na amostra completa: enquanto no conjunto de 1.760 infraestruturas 60% dos pesquisadores são servidores públicos, na amostra em tela, esse número sobe para 90%. Uma possível razão para esta diferença pode residir no fato de que as instituições militares, nas quais estão estes laboratórios, tendem a possuir menos vínculos de natureza precária com os profissionais em atividade nas suas instalações, em razão da própria necessidade adicional de segurança e confidencialidade que existe na pesquisa ligada ao setor de defesa.

TABELA 8
Tipo de vínculo – pesquisadores

Tipo de vínculo	**Total**
Bolsista	**19**
Celetista	**3**
Outro	**9**
Pesquisador visitante	**4**
Servidor público	**154**

Fonte: Dados da pesquisa.
Obs.: Como explicitado no capítulo dedicado à metodologia do projeto, a coleta de dados foi feita em 2013, tendo como referência o ano de 2012.

Os coordenadores foram adicionalmente solicitados a indicar qual a carga horária semanal de dedicação dos pesquisadores à infraestrutura (tabela 9). Ressalte-se que se buscou aqui verificar o tempo de efetivo exercício de atividades nos laboratórios, não tendo sido consideradas, para essa resposta, as horas semanais dedicadas às atividades administrativas de coordenação, por exemplo.

As respostas tabuladas a seguir foram polarizadas: a maior parte dos pesquisadores atua por mais de trinta horas semanais na infraestrutura (65%), sendo este grupo seguido por aqueles que atuam apenas por até dez horas semanais (24%). Comportamento semelhante foi observado na amostra ampla, mas no caso do SSI Defesa é ainda mais intensa a dedicação dos pesquisadores a atividades efetivas do laboratório – 65% *vis-à-vis* 54% da amostra ampla. Essa constatação é de certa forma esperada, haja vista que a maioria das instituições ora analisadas não são instituições de ensino,[36] mas prioritariamente voltadas a pesquisa e desenvolvimento (P&D).

36. São exceções a este caso o Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA) e o Instituto Militar de Engenharia (IME), cuja missão está ligada ao ensino, tanto em nível de graduação quanto de pós-graduação.

TABELA 9
Pesquisadores por tempo de dedicação à infraestrutura

Tempo de dedicação semanal	Total
Até 10h	**45**
Mais de 20h a 30h	**8**
Mais de 10h a 20h	**14**
Mais de 30h	**122**

Fonte: Dados da pesquisa.

Como mostra a tabela 10, entre os 170 pesquisadores distintos em atividade nessas infraestruturas, 102 são doutores (60%) e 42 são mestres (25%), porcentagens próximas às observadas para o total de infraestruturas.

TABELA 10
Pesquisadores por titulação

Titulação máxima	Total
Doutorado	**102**
Mestrado	**42**
Especialização	**3**
Graduação	**23**

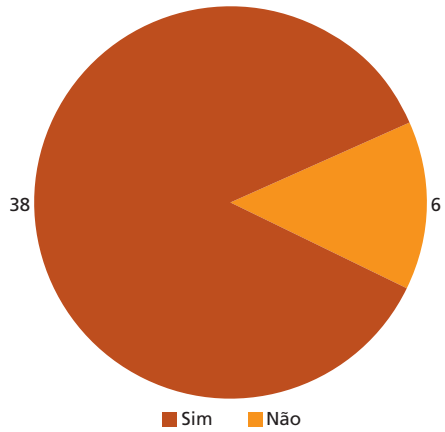
Fonte: Dados da pesquisa.

5.4 Operação da infraestrutura

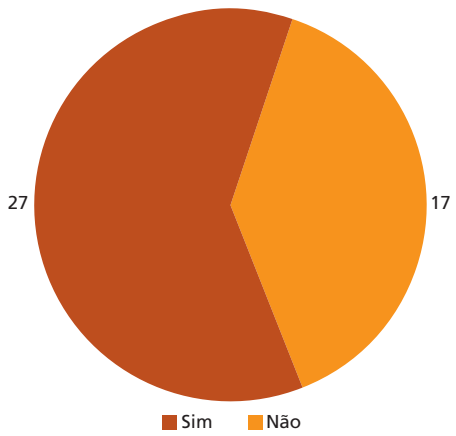
Dado que um dos objetivos do projeto envolve a identificação de infraestruturas que possam atuar mais fortemente no desenvolvimento tecnológico dos setores selecionados em cooperação com empresas, buscou-se investigar a prestação de serviços pelos laboratórios da amostra.

Quando questionadas de forma ampla, 86% das infraestruturas afirmaram que prestava algum tipo de serviço, como indica o gráfico 3A. Essa porcentagem é expressivamente mais alta que a encontrada na amostra ampla da pesquisa (69%), e pode estar associada à natureza mais aplicada das pesquisas desenvolvidas no âmbito das Forças Armadas. Na sequência, os coordenadores foram solicitados a indicar especificamente se prestavam serviços a empresas, e a porcentagem caiu para 61% (gráfico 3B). A despeito dessa redução observada, é mister ressaltar que a queda observada neste grupo de laboratórios foi bem menor que a observada na amostra ampla, em que a porcentagem caiu de 69% para 43% quando o foco passou a ser os serviços prestados a empresas. Essa porcentagem não é apenas mais alta que a média, mas também superior ao observado em setores em que há uma tradicional interação entre a pesquisa científica e a atividade produtiva, como no setor de petróleo e gás. Essa é uma indicação relevante sobre o aproveitamento da infraestrutura científica do setor pela indústria de defesa nacional.

GRÁFICO 3
Prestação de serviços pelos laboratórios
3A – Prestação de serviços



3B – Prestação de serviços para empresas



Fonte: Dados da pesquisa.

Foram ainda apontados como clientes importantes o governo, com 27 infraestruturas, e a própria academia, com o mesmo número de laboratórios.

TABELA 11
Tipos de clientes dos serviços técnicos

Tipo de cliente	Número de infraestruturas
Empresas	27
Governo	21
Outro	3
Pesquisadores	27

Fonte: Dados da pesquisa.

Apesar de as empresas estarem entre os principais clientes dos serviços técnicos dessas infraestruturas, é notável observar, como mostra a tabela 12, que apenas oito entre os 44 laboratórios são acreditados. Entre esses laboratórios, a quase totalidade é acreditada para ensaios e apenas dois, para calibração. Embora a proporção de laboratórios acreditados entre o total seja bem maior que aquela constatada nos dados para toda a amostra (18,2% *vis-à-vis* 8,6%), essa porcentagem ainda é considerada baixa, especialmente quando se leva em conta a natureza predominantemente aplicada da pesquisa desenvolvida nas infraestruturas.

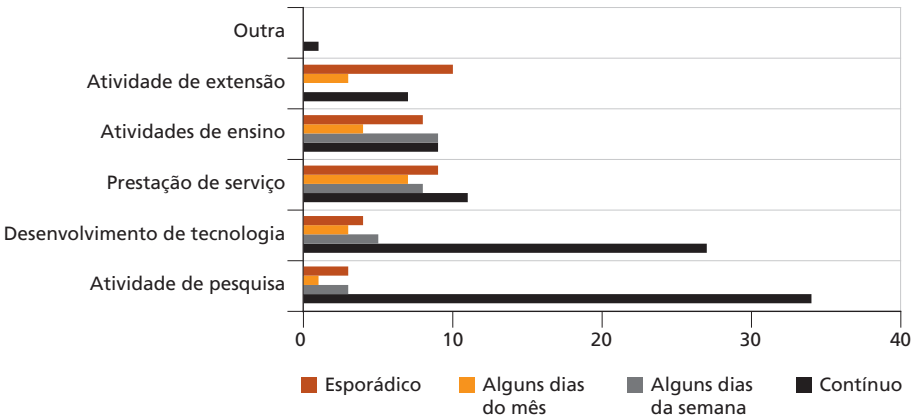
TABELA 12
Acreditação de infraestruturas

Tipos	Não	Sim
Calibração	42	2
Ensaio	37	7
Demais modalidades	39	5
Total	**36**	**8**

Fonte: Dados da pesquisa.

Seguiu-se investigando a operação desses laboratórios por meio de uma questão que associava a intensidade de uso das instalações e dos equipamentos da infraestrutura para cada uma das atividades realizadas, entre atividades de ensino, de pesquisa, desenvolvimento de tecnologias, prestação de serviços tecnológicos e atividade de extensão tecnológica. Os resultados expostos no gráfico 4 indicam que as atividades de pesquisa e desenvolvimento de tecnologias ocorrem de forma contínua em intensidade bem maior que a prestação de serviços, ensino e extensão. Esse resultado contrasta imensamente com o observado na amostra ampla, em que as atividades de prestação de serviços tecnológicos, extensão tecnológica e de desenvolvimento de novas tecnologias ocorrem em intensidade bem menor no âmbito dessas infraestruturas que as atividades de ensino e pesquisa, nas quais 35% dos respondentes afirmam realizar desenvolvimento de tecnologias de forma contínua e 18% indicam a prestação de serviços tecnológicos nessa mesma intensidade. No caso dos resultados apurados para as 1.760 infraestruturas da base, as atividades de pesquisa ocorrem continuamente em 81% da amostra e as de ensino, em 40% dos respondentes. Mais uma vez, a explicação possível para esta oposição de resultados pode ser atribuída ao fato de que a maioria das instituições estudadas no SSI Defesa não é composta por instituições de ensino por natureza, diferentemente do que ocorre na amostra ampla, composta em sua maioria por universidades.

GRÁFICO 4
Intensidade de uso das instalações e dos equipamentos por atividade



Fonte: Dados da pesquisa.

Dado que se acredita que a maior abertura das infraestruturas a usuários externos[37] é um fator que favorece o desenvolvimento tecnológico, investigou-se ainda se os laboratórios seriam ou não abertos a usuários externos. Os dados são apresentados na tabela 13. Em primeiro lugar, é oportuno notar que 25 laboratórios entre os 44 em estudo receberam usuários externos, uma quantidade próxima à observada na amostra ampla. Outro aspecto que se repete nos dois grupos de infraestrutura é a baixa participação de estrangeiros entre os usuários externos. Os usuários externos mais significativos foram pesquisadores de outras instituições, seguidos por alunos de pós-graduação. Ainda que doze laboratórios tenham informado que receberam em 2012 pesquisadores de empresas, estes foram apenas 13% entre o total de usuários externos observados.

TABELA 13
Tipos de usuários externos

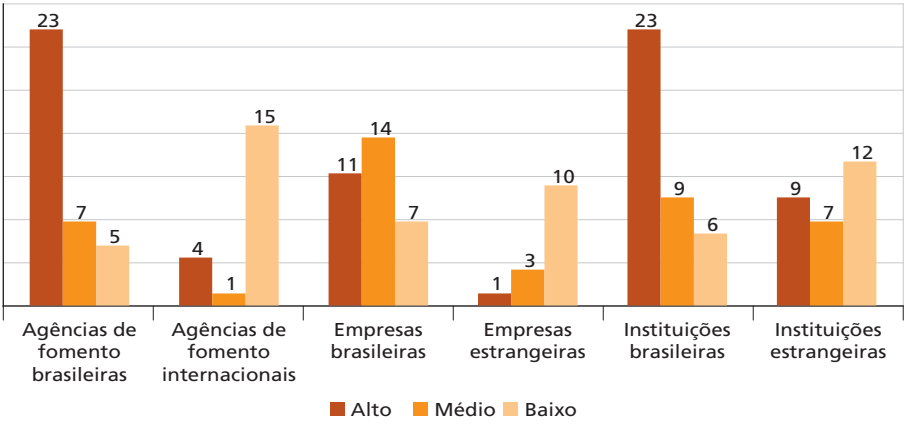
Vínculo do pesquisador usuário	Usuários do Brasil	Usuários do exterior	Número de laboratórios
Pesquisadores de outras instituições	293	13	25
Alunos de pós-graduação	243	6	22
Alunos de graduação	229	5	17
Pesquisadores da mesma instituição (exceto a equipe da infraestrutura)	178	2	22
Pesquisadores de empresas	137	2	12

Fonte: Dados da pesquisa.

37. Para esta pesquisa, usuários externos foram definidos para os respondentes como: "aquele pesquisador que utilizou os serviços ou os equipamentos do laboratório no ano-base, e não faz parte da equipe de pesquisadores, técnicos ou estudantes do próprio laboratório e/ou infraestrutura". Assim, são pesquisadores vinculados a outras instituições, no Brasil ou no exterior, ou a outros departamentos da própria instituição que não fazem parte da equipe do laboratório e/ou infraestrutura.

A propensão à interação externa das infraestruturas de defesa foi ainda verificada em uma questão que solicitava que os coordenadores das infraestruturas apontassem que graus de importância atribuíam a cada um dos tipos de cooperação indicados pelo questionário. Em todos os casos, o grau alto de importância foi muito mais frequentemente atribuído a instituições, empresas e agências de fomento nacionais em detrimento das estrangeiras.[38] Outro resultado indicado pelo gráfico 5 refere-se ao menor grau de importância atribuído à cooperação com empresas em relação a instituições e agências de fomento.

GRÁFICO 5
Atividades de cooperação por grau de importância



Fonte: Dados da pesquisa.

5.5 Valores estimados, custos operacionais e receitas

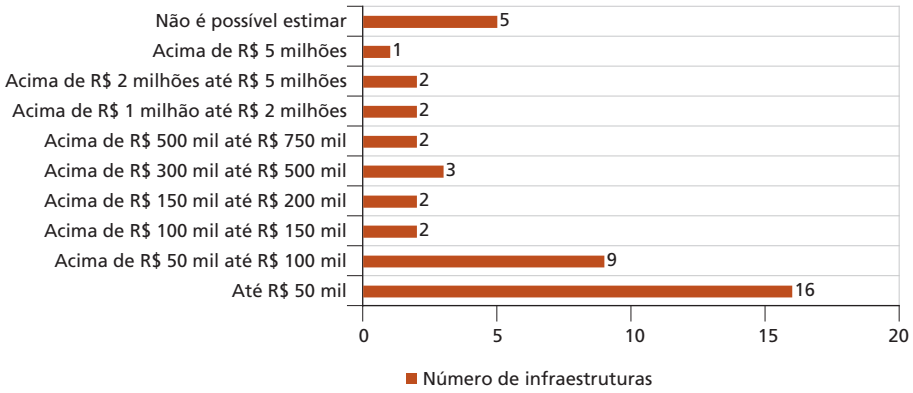
Uma seção do instrumento de coleta de dados buscava obter estimativas de valores de custos operacionais, receitas, equipamentos de pesquisa e da infraestrutura como um todo junto aos coordenadores. Todas as questões, assim como o resto do questionário, tinham como referência o ano de 2012.

Em relação aos custos operacionais no nível da infraestrutura, mais de 50% associaram seus custos às duas categorias de menor valor (até R$ 50 mil/ano e entre R$ 50 e R$ 100 mil/ano), seguidos por um grupo de 15% que informou estar na categoria imediatamente superior (entre R$ 50 mil/ano e R$ 100 mil/ano). É válido destacar que cinco laboratórios não souberam informar, mesmo para estas opções categóricas e estimadas, o seu custo operacional de funcionamento anual. Uma possível explicação para este fato é que a infraestrutura/laboratório não parece ser, na maioria das instituições, um nível comum para os seus centros de custo, que devem estar predominantemente associados a departamentos, centros ou institutos.

38. Como o questionário não forçava *opção única* aos respondentes, eles podem ter atribuído, por exemplo, alta importância à cooperação com empresas nacionais e estrangeiras simultaneamente.

Assim, mesmo os dados informados pelos respondentes que indicaram uma das opções devem ser considerados com cautela, dado que podem ser imprecisos.

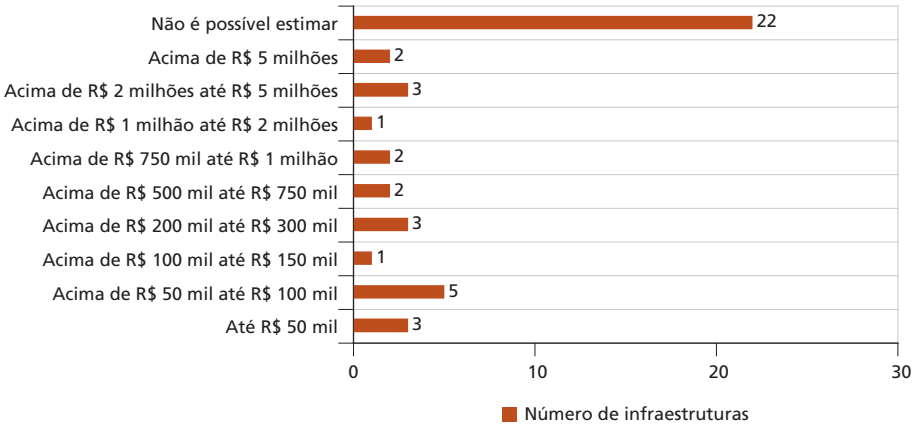
GRÁFICO 6
Custos operacionais anuais por infraestrutura



Fonte: Dados da pesquisa.

Analogamente ao que foi feito para os custos operacionais, algumas faixas possíveis para as receitas foram apresentadas para que os respondentes indicassem qual a mais apropriada para a sua infraestrutura. Nesse caso, o número de coordenadores que não soube dar qualquer resposta foi ainda maior que o anteriormente observado no caso dos custos operacionais: 50%. Seguiu-se a isso o grupo com receitas estimadas nas duas menores faixas, com oito infraestruturas. Apenas dez infraestruturas informaram ter tido, em 2012, receitas superiores a R$ 500 mil.

GRÁFICO 7
Receitas anuais por infraestrutura



Fonte: Dados da pesquisa.

Foi ainda realizada estimativa em relação ao valor total do conjunto de equipamentos de pesquisa. Dos laboratórios, 25% informaram que o somatório de seus equipamentos não excedia R$ 100 mil. Apenas doze infraestruturas, de acordo com estes resultados, possuem um patrimônio de equipamentos superior a R$ 1 milhão, o que equivale a 27% da amostra.

TABELA 14
Valor estimado do conjunto dos equipamentos de pesquisa por infraestrutura

Equipamentos de pesquisa	Número de infraestruturas
Até R$ 100 mil	11
Acima de R$ 100 mil até R$ 250 mil	2
Acima de R$ 250 mil até R$ 500 mil	9
Acima de R$ 500 mil até R$ 1 milhão	10
Acima de R$ 1 milhão até R$ 2 milhões	6
Acima de R$ 2 milhões até R$ 3 milhões	1
Acima de R$ 3 milhões até R$ 5 milhões	2
Acima de R$ 5 milhões até R$ 7 milhões	1
Acima de R$ 7 milhões até R$ 10 milhões	1
Acima de R$ 15 milhões até R$ 20 milhões	1

Fonte: Dados da pesquisa.

Por fim, o último momento desta seção do formulário tratou da estimativa do valor total da infraestrutura. Igualmente, observa-se aqui uma concentração alta dos respondentes na faixa mais baixa entre as opções sugeridas: 55%. Apenas cinco infraestruturas informaram ter valor superior a R$ 5 milhões.

TABELA 15
Valor estimado da infraestrutura

Infraestrutura	Número
Até R$ 500 mil	24
Acima de R$ 500 mil até R$ 1 milhão	7
Acima de R$ 1 milhão até R$ 3 milhões	7
Acima de R$ 3 milhões até R$ 5 milhões	1
Acima de R$ 5 milhões até R$ 10 milhões	2
Acima de R$ 10 milhões até R$ 20 milhões	1
Acima de R$ 20 milhões até R$ 30 milhões	1
Acima de R$ 30 milhões até R$ 50 milhões	1

Fonte: Dados da pesquisa.

Ainda que comparações diretas pareçam pouco razoáveis em função do próprio histórico diferenciado entre os sistemas setoriais de inovação de diferentes países, os dados analisados até aqui sugerem que, mesmo apresentando algumas características distintivas em relação ao restante da amostra, os laboratórios nacionais dedicados a atividades de defesa ainda apresentam escala bastante reduzida em relação às infraestruturas dedicadas à mesma área no exterior. Se couberem as ressalvas quanto ao fato de que neste trabalho foram analisados apenas uma amostra dos laboratórios existentes no âmbito do MD e das Forças Armadas[39] e de que outras instituições civis não foram contempladas na amostra analisada, permanece válido inferir que é bem pouco provável que mesmo se todo o universo tivesse sido mapeado estas conclusões se alterariam.

Uma possível razão para esse cenário é o fato de que o Brasil dispõe, até a atualidade, de uma estrutura de governança de suas infraestruturas pouco centralizada. Embora o MD conte com um Departamento de Ciência e Tecnologia Industrial, a gestão direta dos laboratórios ainda é feita pelas três Forças Armadas. Cabe observar ainda que mesmo dentro das forças não existe apenas uma grande instituição dedicada à atividade, sendo a atividade de CT&I decentralizada em diversos institutos, como visto no quadro 2. Ainda que se possa argumentar que cada instituto atua em áreas distintas e com finalidades diversas dentro do processo de desenvolvimento científico e tecnológico de defesa, com localizações dispersas no território nacional, observou-se que a combinação de diversas atividades e centros localizados em pontos distintos naqueles que tradicionalmente se identificaram como *laboratórios nacionais* faz parte da realidade das infraestruturas dos países analisados.

Os laboratórios nacionais foram originalmente conceituados no sistema nacional de inovação norte-americano a partir do fim da Segunda Guerra Mundial com dois objetivos principais: a provisão de grandes equipamentos para a pesquisa básica e infraestruturas seguras para desenvolvimentos voltados à segurança nacional. A premissa da organização desses laboratórios era a grande escala, dado que se acreditava que "a pesquisa científica moderna exige o trabalho de pessoas em equipes de tamanho grande e o uso de instrumentos muito caros" (Westwick, 2003). O mesmo autor indica que, nesses termos, a escala e o custo dos equipamentos os colocavam além do alcance das universidades individualmente, de modo que os laboratórios nacionais os teriam para uso de acadêmicos e instituições industriais. Embora seja um conceito norte-americano, os movimentos mais recentes (décadas de 1990 e 2000) de outros países seguiram a tendência de consolidação para a obtenção de escala nas pesquisas em defesa.

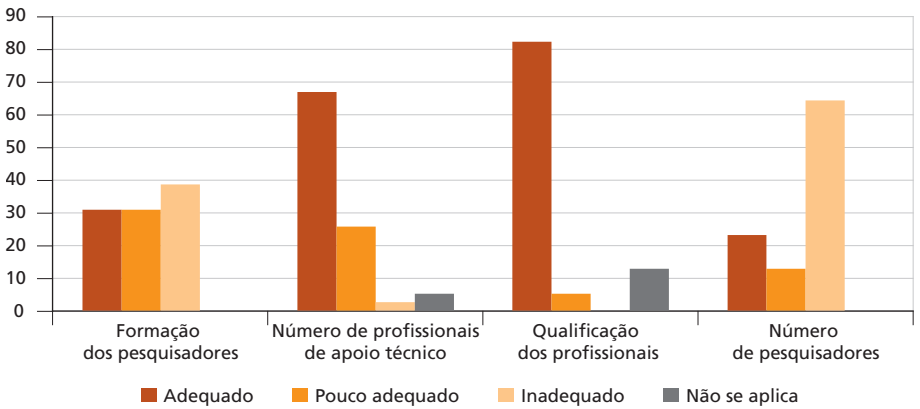
39. Como se trata de um levantamento pioneiro no país, o universo de infraestruturas não é conhecido, o que inviabiliza o cálculo da taxa de resposta e a estimação de eventual viés de seleção.

5.6 Avaliação das condições gerais

O último módulo do formulário solicitou aos respondentes que realizassem avaliações perceptuais de alguns atributos de suas infraestruturas, assim como uma avaliação geral da capacidade técnica delas.

No gráfico 8, são expostos, em termos percentuais, os resultados da avaliação dos coordenadores sobre o pessoal que atua na infraestrutura, tanto para os pesquisadores como para os membros das equipes de apoio técnico e administrativo. O número de pesquisadores foi predominantemente reputado como inadequado (64%). Essa mesma constatação se estendeu à apreciação da formação dos pesquisadores: 38,5% consideram-na inadequada, embora quase 31% tenham indicado este aspecto como *adequado* ou *pouco adequado*. A avaliação foi melhor para os profissionais de apoio técnico e administrativo, tanto em relação ao quantitativo existente quanto à qualificação: 67% e 82%, respectivamente, consideraram estes atributos como *adequados*. Esses dados, embora pareçam surpreendentes para um setor considerado como de alta intensidade tecnológica, podem estar relacionados à dificuldade das instituições que abrigam essas infraestruturas em contratar e reter profissionais em quantidade e com formação adequadas. Por estarem todas na estrutura da administração pública federal direta, as contratações são feitas quase que exclusivamente por concursos públicos,[40] que possivelmente não são a melhor forma de contratação de pesquisadores para atividades específicas.[41] Da mesma forma, a remuneração está atrelada a plano de cargos e salários.

GRÁFICO 8
Avaliação de recursos humanos
(Em %)



Fonte: Dados da pesquisa.

40. Outras formas de exercício da pesquisa podem existir, mas como representam predominantemente vínculos precários com a administração pública, parecem estar da mesma forma associados à dificuldade de retenção de pessoal.

41. Feitas as devidas ressalvas, é válido retomar neste aspecto o modelo dos Estados Unidos, onde, como os laboratórios nacionais são operados por *contractors*, há mais flexibilidade para a contratação de pessoas por não serem subordinados às regras do serviço público, de modo que salários mais atrativos podem ser oferecidos a pesquisadores com competências necessárias a determinados projetos de forma mais simples e direta.

Aspectos como insumos, equipamentos, manutenção e instalações físicas foram avaliados, como sumariam os dados da tabela 16. A pior avaliação foi feita para as instalações físicas, enquanto as melhores foram em relação aos insumos, à manutenção e aos equipamentos. Em relação aos equipamentos, apenas pouco mais da metade – 52% – considera que os existentes são muito bons ou bons. O fato de a melhor avaliação ter sido atribuída aos insumos e à manutenção, que envolvem predominantemente despesas de menor monta, em detrimento das instalações físicas e equipamentos, dependentes de investimentos de maior magnitude, aponta uma possível dificuldade de realização desses investimentos na demanda necessária para os laboratórios.

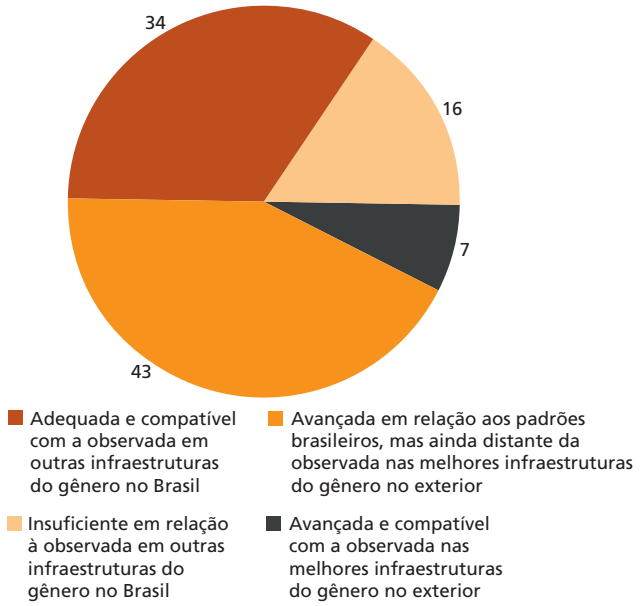
TABELA 16
Avaliação das condições gerais da infraestrutura
(Em %)

Avaliação das condições	Muito bom	Bom	Regular	Ruim	Não se aplica
Insumos	36,36	54,55	2,27	2,27	4,55
Equipamentos	15,91	36,36	34,09	11,36	2,27
Manutenção	20,45	56,82	15,91	4,55	2,27
Instalações físicas	9,09	18,18	45,45	25,00	2,27

Fonte: Dados da pesquisa.

No último item do questionário, os coordenadores fizeram uma avaliação geral da capacidade técnica das infraestruturas. Dos respondentes, 34% consideram-se equivalentes a seus pares no país. Apenas 7% informaram considerar as infraestruturas sob sua responsabilidade como *avançada e compatível com a observada nas melhores infraestruturas do gênero no exterior*. Esse é um dado preocupante, haja vista que mesmo na amostra ampla essa porcentagem foi mais alta (13%) e a aspiração nacional pelo desenvolvimento endógeno de produtos de defesa tecnologicamente competitivos pode encontrar na infraestrutura científica e tecnológica uma barreira à sua concretização. A constatação de que 43% dos respondentes indicaram a opção *Avançada em relação aos padrões brasileiros, mas ainda distante da observada nas melhores infraestruturas do gênero no exterior* reforça esta preocupação. Outro dado revelado por essa questão foi que 16% consideram mesmo a sua capacidade técnica *insuficiente em relação à observada em outras infraestruturas do gênero no Brasil*.

GRÁFICO 9
Avaliação da capacidade técnica da infraestrutura
(Em %)



Fonte: Dados da pesquisa.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo tem como objetivo discutir a organização do Sistema Setorial de Inovação em Defesa no Brasil, com ênfase na análise da infraestrutura de CT&I existente no país, *vis-à-vis* os objetivos nacionais para o setor.

Como suporte a essa discussão, foi realizada uma revisão sobre a importância da Ciência, Tecnologia e Inovação para a área de Defesa e sobre a constituição em seis países selecionados – Reino Unido, Estados Unidos, Espanha, França, Suécia e China – sobre a organização dos SSIs em Defesa. Foi adicionalmente abordada a constituição do SSI Defesa no Brasil e o seu arcabouço institucional.

Assim, a partir da base de 1.760 infraestruturas identificadas na coleta de dados em 2013, optou-se por selecionar, para a análise deste capítulo, apenas aquelas que estão organizadas em instituições de pesquisa vinculadas ao Ministério da Defesa. Embora, também como visto neste texto, seja bastante possível que outras infraestruturas da amostra também desenvolvam atividades com aplicação no setor, a ausência de setores específicos de atividade econômica que possam ser diretamente associados à defesa dificulta esta identificação precisa.

Foram identificadas 44 infraestruturas, todas classificadas como laboratórios e localizadas na região Sudeste. Em relação às áreas do conhecimento, quase 80% das infraestruturas indicaram a área de engenharias, seguida pelas ciências exatas e da Terra, o que é bastante consistente com as áreas mais tradicionalmente ligadas ao desenvolvimento tecnológico em defesa.

No que tange aos recursos humanos, 145 pessoas atuam em áreas de apoio técnico e administrativo dos laboratórios, enquanto 170 pesquisadores são dedicados às atividades finalísticas das infraestruturas. Considerando esse total de 170, tem-se que, na média, cada laboratório conta com menos de quatro pesquisadores, o que indica, *a priori*, uma baixa escala de atuação dessas infraestruturas, especialmente se considerada a observada nos laboratórios dedicados à defesa nos países analisados neste capítulo. Um aspecto distintivo dos resultados obtidos para este grupo de laboratórios foi a dedicação ainda mais intensa dos pesquisadores a atividades efetivas do laboratório – 65% com mais de trinta horas por semana *vis-à-vis* 54% da amostra ampla. Essa constatação é de certa forma esperada, haja vista que a maioria das instituições ora analisadas não são instituições de ensino, mas prioritariamente voltadas à P&D. Outra constatação que parece associada a esta característica das instituições que abrigam os laboratórios pesquisados é o fato de que as atividades de pesquisa e desenvolvimento de tecnologias ocorrem de forma contínua em intensidade bem maior que a prestação de serviços, ensino e extensão.

Quando questionadas de forma ampla, 86% das infraestruturas afirmaram que prestavam algum tipo de serviço, porcentagem expressivamente mais alta que a encontrada na amostra ampla da pesquisa (69%). Quando solicitados a indicar especificamente se prestavam serviços a empresas, a porcentagem caiu para 61%. A despeito dessa redução observada, é *mister* ressaltar que a queda observada neste grupo de laboratórios foi bem menor que a observada na amostra ampla, em que a porcentagem caiu de 69% para 43% quando o foco passou a ser os serviços prestados a empresas. Essa porcentagem não é apenas mais alta que a média, mas também superior à observada em setores em que há uma tradicional interação entre a pesquisa científica e a atividade produtiva, como no setor de petróleo e gás. Ainda que seja uma indicação preliminar positiva sobre o potencial de aproveitamento da infraestrutura científica do setor pela indústria de defesa nacional, apenas oito entre os 44 laboratórios são acreditados.

Tendo como referência o ano de 2012, buscou-se obter estimativas de valores de custos operacionais, receitas, equipamentos de pesquisa e da infraestrutura como um todo. Em relação aos custos operacionais no nível da infraestrutura, mais de 50% associaram seus custos às duas categorias de menor valor (até R$ 50 mil/ano e entre R$ 50 mil/ano e R$ 100 mil/ano), seguidos por um grupo de 15% que informou estar na categoria imediatamente superior (entre R$ 50 mil/ano e

R$ 100 mil/ano). Em relação às receitas, 50% dos coordenadores não informaram qualquer estimativa, seguindo-se a isso o grupo de laboratórios com receitas estimadas nas duas menores faixas, com oito infraestruturas. Apenas dez infraestruturas informaram ter tido, em 2012, receitas superiores a R$ 500 mil.

Esse bloco seguiu investigando o valor total do conjunto de equipamentos de pesquisa: 25% dos laboratórios informaram que o somatório de seus equipamentos não excedia R$ 100 mil. Apenas doze infraestruturas, de acordo com estes resultados, possuem um patrimônio de equipamentos superior a R$ 1 milhão, o que equivale a 27% da amostra. Em relação ao valor total da infraestrutura, novamente ocorreu uma concentração alta dos respondentes na faixa mais baixa entre as opções sugeridas: 55% (até R$ 500 mil). Apenas cinco infraestruturas informaram ter valor superior a R$ 5 milhões.

Por fim, a análise dos dados indicou como os coordenadores avaliavam a capacidade técnica de sua infraestrutura: apenas 7% informaram considerar as infraestruturas sob sua responsabilidade como *avançada e compatível com a observada nas melhores infraestruturas do gênero no exterior*. Esse é um dado preocupante, haja vista que mesmo na amostra ampla essa porcentagem foi mais alta (13%) e a aspiração nacional pelo desenvolvimento endógeno de produtos de defesa tecnologicamente competitivos pode encontrar na infraestrutura científica e tecnológica uma barreira à sua concretização.

Assim, mesmo com as ressalvas necessárias para a realização de comparações com casos internacionais, os laboratórios nacionais dedicados a atividades de defesa ainda apresentam escala bastante reduzida em relação às infraestruturas dedicadas à mesma área no exterior. Uma hipótese apresentada para essa situação é o fato de que o Brasil dispõe, até a atualidade, de uma estrutura de governança de suas infraestruturas pouco centralizada. Embora o MD conte com um Departamento de Ciência e Tecnologia Industrial, a gestão direta dos laboratórios ainda é feita pelas três Forças Armadas. Cabe observar ainda que, mesmo dentro das forças, não existe apenas uma grande instituição dedicada à atividade, sendo a atividade de CT&I decentralizada em diversos institutos. Ainda que se possa argumentar que cada instituto atua em áreas distintas e com finalidades diversas dentro do processo de desenvolvimento científico e tecnológico de defesa, com localizações dispersas no território nacional, observou-se que a combinação de diversas atividades e centros localizados em pontos distintos naqueles que tradicionalmente se identificaram como *laboratórios nacionais* faz parte da realidade das infraestruturas dos países analisados.

O conjunto de resultados aqui expostos coloca em pauta algumas questões sobre o futuro desses laboratórios. É importante que os formuladores de políticas públicas lidem com essas questões que, mesmo parecendo marginais na atualidade, implicam escolhas que podem ter um grande impacto estratégico no futuro.

Desse modo, cabem, por fim, reflexões para esses gestores e formuladores que poderiam aprofundar o entendimento sobre o tema tratado neste trabalho e orientar novas tomadas de decisão:

- Qual deve ser a natureza e o escopo da função de P&D militar do país? Quantos e que tipos de atividades de P&D de defesa devem ser buscadas?
- Qual o papel esperado dos laboratórios militares e das instituições civis de pesquisa que possam desenvolver pesquisas com interesse para a Defesa nacional? Como articular a atuação desses dois grupos de instituições de modo a evitar lacunas ou superposições de atuação?
- Qual deve ser a governança da relação entre os laboratórios militares e o MD? E entre estes laboratórios e a indústria nacional?
- No curto prazo, devem os governos investir em P&D mais do que obter conhecimento e tecnologias de fornecedores externos ou insistir no desenvolvimento endógeno?

REFERÊNCIAS

ACIOLI, R. G. O papel da Finep no renascimento da indústria de defesa. **Inovação em pauta**, p. 44-45, out./dez. 2011.

ADAMS, J. D.; CHIANG, E. P.; JENSEN, J. L. The influence of federal laboratory R&D on industrial research. **Review of Economics and Statistics**, v. 85, n. 4, p. 1003-1020, 2003.

AUTIO, E.; HAMERI, A.-P.; VUOLA, O. A framework of industrial knowledge spillovers in big-science centers. **Research Policy**, v. 33, n. 1, p. 107-126, 2004.

AVADIKYAN, A.; COHENDET, P. Between market forces and knowledge based motives: the governance of defence innovation in the UK. **The Journal of Technology Transfer**, v. 34, n. 5, p. 490-504, 2009.

BRASIL. Ministério da Defesa; _____. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Concepção estratégica**: ciência, tecnologia e inovação de interesse da Defesa nacional. Brasília: MD; MCT, 2003. Disponível em: <http://goo.gl/uXe2fi>.

_____. Portaria Normativa nº 1.317, de 4 de novembro de 2004. Aprova a Política de Ciência, Tecnologia e Inovação para a Defesa Nacional. Brasília: MD, 2004. Disponível em: <http://goo.gl/g7aUTj>.

_____. Decreto nº 5.484, de 30 de junho de 2005. Aprova a Política de Defesa Nacional, e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, 2005. Disponível em: <http://goo.gl/baL3sW>.

_____. Portaria Interministerial MCT/MD nº 750, de 20 de novembro de 2007. Institui parceria entre o Ministério da Ciência e Tecnologia e o Ministério da Defesa visando viabilizar soluções científico-tecnológicas e inovações para o atendimento das necessidades do País atinentes à defesa e ao desenvolvimento nacional. Brasília: MCT; MD, 2007. Disponível em: <https://goo.gl/P13l9m>.

_____. Decreto nº 6.703, de 18 de dezembro de 2008. Aprova a Estratégia Nacional de Defesa, e dá outras providências. Brasília: Ministério da Defesa, 2008a. Disponível em: <http://goo.gl/ei74mc>.

_____. **Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP)**. Brasília: MDIC, 2008b. Disponível em: <http://goo.gl/VxhDMu>.

_____. **Balanço executivo do PBM**: 2011-2014. Plano Brasil Maior (PBM). Brasília: ABDI, 2014; 2011. Disponível em: <http://goo.gl/7hAp2h>.

_____. **Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2012-2015**. Balanço das atividades estruturantes. Brasília: MCTI, 2012. Disponível em: <http://goo.gl/u0TWmU>.

_____. Ministério da Defesa. **Gerenciando Projetos no Sistema de Ciência, Tecnologia e Inovação de Interesse da Defesa Nacional (SisCTID)**. Brasília: MD, 2003. Disponível em: <http://goo.gl/CHq4BN>.

CHEUNG, T. M. The Chinese defense economy's long march from imitation to innovation. **The Journal of Strategic Studies**, v. 34, n. 3, p. 325-354, 2011.

CHU, A. C.; LAI, C. C. On the growth and welfare effects of defense R&D. **Journal of Public Economic Theory**, v. 14, n. 3, p. 473-492, 2012.

COWAN, R.; FORAY, D. Quandaries in the economics of dual technologies and spillovers from military to civilian research and development. **Research Policy**, v. 24, n. 6, p. 851-868, 1995.

DENNEY, J. J. Priming the innovation pump: America needs more scientists, engineers, and basic research. **Defense Acquisition Research Journal**: a publication of the defense acquisition university, v. 18, n. 1, p. 25-44, 2011.

DUNNE, J. P.; BRADDON, D. Economic impact of military R&D. Flemish Peace Institute. 2008. Retrieved from: <http://goo.gl/XtIwtJ>.

FREEMAN, C. The National System of Innovation in historical perspective. **Cambridge Journal of Economics**, v. 19, n. 1, p. 15-24, 1995.

JAMES, A. D. The place of the UK defense industry in its national innovation system: co-evolution of national, sectoral and technological systems. *In*: REPPY, J. (Ed.) **The place of the defense industry in national systems of innovation**, New York: Cornell University, 2000. p. 96.

_____. Organisational change and innovation system dynamics: the reform of the UK government defence research establishments. **The Journal of Technology Transfer**, v. 34, n. 5, p. 505-523, 2009.

JERMALAVIČIUS, T. **Defence research & development**: lessons from Nato allies. 2009. Retrieved from: <http://goo.gl/p1BaHj>.

KOUBI, V. Military technology races. **International Organization**, v. 53, n. 3, p. 537-565, 1999.

LIBAERS, D. Industry relationships of DoD-funded academics and institutional changes in the US university system. **The Journal of Technology Transfer**, v. 34, n. 5, p. 474-489, 2009.

MALLIK, A. Technology and security in the 21st century: a demand-side perspective. **Sipri Research Report**, Sweden, Estocolmo, Sipri, n. 20, p. 151. 2004. Retrieved from: <http://goo.gl/3L43gc>.

MARKOWSKI, S.; HALL, P. Challenges of defence procurement. **Defence and Peace Economics**, v. 9, n. 1-2, p. 30-37, 1998.

MARKUSEN, A. R. Defence spending a successful industrial policy? **International Journal of Urban & Regional Research**, v. 10, n. 1, p. 105, 1986.

MAZZOLENI, R.; NELSON, R. R. **The roles of research at universities and public labs in economic catch-up**. New York: Columbia University, 2005. Disponível em: <http://goo.gl/fL2sbT>.

_____. Public research institutions and economic catch-up. **Research Policy**, v. 36, n. 10, p. 1512-1528, 2007.

MOLAS-GALLART, J. Government defence research establishments: the uncertain outcome of institutional change 1. **Defence and Peace Economics**, v. 12, n. 5, p. 417-437, 2011.

MORAES, R. F. **A inserção externa da indústria brasileira de defesa**: 1975-2010. Brasília: Ipea, 2012. Disponível em: <http://goo.gl/eY1tD3>. (Texto para Discussão, n. 1715).

MOWERY, D. C. National security and national innovation systems. **The Journal of Technology Transfer**, v. 34, n. 5, p. 455-473, 2009.

Mowery, D.; Rosenberg, N. The influence of market demand upon innovation: a critical review of some recent empirical studies. **Research Policy**, v. 8, n. 2, p. 102-153, 1979.

ORTEGA, V.; MOLAS, J.; CARPINTERO, N. Las innovaciones tecnológicas y la defensa. **Cuadernos Cátedra**, España, 2007. Retrieved from: <http://goo.gl/NTF8IB>.

PAARLBERG, R. L. Knowledge as power: science, military dominance, and US security. **International Security**, v. 29, n. 1, p. 122-151, 2004.

PERANI, G. Managing European technology, defence and competitiveness issues: Italy. Budapest: Science Policy Support Group, 1998. Retrieved from: <http://goo.gl/yROHgm>.

RODENGEN, J. L. **A história da Embraer**. Fort Lauderdale: Write Stuff Enterprises, 2009.

RUTTAN, V. W. **Is war necessary for economic growth?** Military procurement and technology development. New York: Oxford University Press, 2006. Disponível em: <http://goo.gl/O23YMI>.

SQUEFF, F. H. S. Ciência, tecnologia e inovação em defesa: notas sobre o caso do Brasil. **Radar**: tecnologia, produção e comércio exterior, n. 24, fev. 2014. Disponível em: <http://goo.gl/5YmWjF>.

SCHMIDT, F. H.; MORAES, R. F.; ASSIS, L. R. S. A dinâmica recente do setor de defesa no Brasil: notas sobre o comportamento da demanda e o perfil das firmas contratadas. **Radar**: tecnologia, produção e comércio exterior, n. 19, maio 2012. Disponível em: <http://goo.gl/z7qklS>.

SETTER, O.; TISHLER, A. **Investment policies in advanced defense R&D programs**. Israel: Tel Aviv University, 2005. Disponível em: <http://goo.gl/V4KmZB>.

SILVA FILHO, E. B.; MORAES, R. F. **Dos dividendos da paz à guerra contra o terror**: gastos militares mundiais nas duas décadas após o fim da Guerra Fria 1991-2009. Brasília: Ipea, 2012. Disponível em: <http://goo.gl/vs4wau>.

SQUEFF, F. H. S.; DE NEGRI, F. **Infraestrutura científica e tecnológica no Brasil**: análises preliminares. Brasília: Ipea, 2014. (Nota Técnica, n. 21). Disponível em: <http://goo.gl/RqqwRL>.

TORNQUIST, K. M.; KALLSEN, L. A. Out of the Ivory Tower: characteristics of institutions meeting the research needs of industry. **The Journal of Higher Education**, v. 65, n. 5, p. 523, 1994.

WESTWICK, P. J. **The national labs**: science in an american system, 1947-1974. London: Harvard University Press, 2003.

CAPÍTULO 3

A INFRAESTRUTURA CIENTÍFICA EM SAÚDE

Thiago Caliari[1]
Márcia Siqueira Rapini[2]

1 INTRODUÇÃO

A mudança no paradigma de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e a reestruturação produtiva da indústria farmacêutica verificadas pelo menos a partir da década de 1980 modificaram a relação de interdependência científica e tecnológica entre as distintas fontes de conhecimento do setor.

O advento da revolução biotecnológica aumentou a necessidade do estabelecimento de relacionamentos interativos, pois a especialização adquirida pelos distintos agentes e a necessidade de conhecimentos multidisciplinares impôs às empresas dessa indústria específica a necessidade de recorrer a distintas fontes para a manutenção do seu posicionamento em P&D e, consequentemente, nas suas perspectivas de posicionamento competitivo no longo prazo (Mckelvey, Orsenigo e Pammolli, 2004; Paranhos, 2012).

Ademais, a concentração industrial ocasionada pela necessidade de criação de economias de escala e escopo frente ao novo ambiente competitivo (novas exigências regulatórias sobre certificação e preços e o término da validade de uma série de patentes de medicamentos *blockbuster*) intensifica o estabelecimento das interações através de relacionamentos *outsorcing* e com uma profunda desintegração vertical nos setores de P&D das grandes empresas farmacêuticas (Radaelli, 2006; Kalorama, 2008).

Dentro dessa constatação, os Institutos de Ciência e Tecnologia (ICTs) e as universidades intensificaram o seu papel de comprovada importância no desenvolvimento científico e tecnológico. Essa constatação é verdadeira no âmbito geral dos ambientes de pesquisa, mas é ainda mais notória no desenvolvimento científico e tecnológico do Sistema Setorial de Inovação da Saúde (SSI Saúde). A própria evolução do SSI Saúde apresenta especial destaque a esses atores do

1. Professor adjunto na Universidade Federal de Alfenas (Unifal/MG), doutor em economia pelo Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da Universidade Federal de Minas Gerais (Cedeplar/UFMG).
2. Professora adjunta no Cedeplar/UFMG e doutora em economia pelo Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (IE-UFRJ).

sistema de inovação, como poderá ser visto nas comparações internacionais e na evolução histórica do SSI Saúde brasileiro no decorrer deste capítulo.

A busca de parcerias com universidades e institutos de pesquisa por parte das empresas farmacêuticas é motivada por diferentes objetivos, podendo-se destacar a ampliação das fontes de conhecimento e das oportunidades de inovação, busca de capacidades, compartilhamento dos riscos inerentes ao processo de inovação, acesso à infraestrutura das universidades e ICTs (reduzir os custos), bem como o alcance de financiamento para as atividades de pesquisa.

O objetivo deste capítulo é avaliar a infraestrutura científica em saúde no Brasil e para isto ele foi organizado em cinco partes. A próxima seção apresenta o sistema de inovação em saúde do Reino Unido e da Índia, a fim de fornecer comparabilidade internacional. Na terceira seção, é apresentado o Sistema Setorial de Inovação de Saúde no Brasil através de uma breve caracterização de sua evolução histórica e de seus principais agentes: empresas farmacêuticas, institutos de pesquisa e governo (destacando nesse último as políticas industriais e de inovação). A quarta seção caracteriza a infraestrutura de ciência e tecnologia (C&T) voltada à saúde em termos de suas características físicas, localização, recursos humanos, equipamentos, atividades desenvolvidas e situação atual. Ademais, é proposto um modelo econométrico para inferir os determinantes da capacitação técnica relativa das infraestruturas. A quinta seção conclui o trabalho, destacando os principais resultados encontrados.

2 SISTEMA DE INOVAÇÃO EM SAÚDE: DUAS COMPARAÇÕES INTERNACIONAIS – REINO UNIDO E ÍNDIA

Nesta seção, são apresentadas duas diferentes experiências de construção do Sistema de Inovação em Saúde: a do Reino Unido e da Índia. O objetivo é apresentar o SSI de um país desenvolvido, pautado primordialmente pela evolução via iniciativa privada, e um SSI que possui nuances mais próximas ao caso brasileiro, com políticas públicas e industriais congruentes às realizadas no Brasil, basicamente promulgadas em períodos históricos próximos, mas que diferentemente do caso brasileiro obtiveram sucesso já a partir da década de 1970.

2.1 O caso do Reino Unido

O Sistema de Inovação em Saúde no Reino Unido conta com as seguintes forças: uma base de ciências da saúde de classe mundial, um unificado sistema de saúde, o National Health System (NHS), uma indústria farmacêutica e um setor financeiro que estão bem colocados para explorar o aumento na tradução de ciência básica em produtos comercializáveis (Cooksey, 2006).

A pesquisa em ciências da saúde no Reino Unido tem longa tradição de excelência em ciência básica. Uma evidência disto é que o Conselho Médico

de Pesquisa financiou 27 prêmios Nobel desde o seu estabelecimento em 1913. Paraje *et al.* (2005), analisando as publicações científicas relacionadas à àrea de saúde no período de 1992 a 2001, identificaram o Reino Unido em segundo lugar no *ranking* mundial, atrás apenas dos Estados Unidos. Inclusive a qualidade da pesquisa na área de saúde vem atraindo empresas farmacêuticas e biotecnológicas a instalarem seus centros de pesquisa no Reino Unido (Von Dedtwitz *et al.*, 2005).

De acordo com Albuquerque e Cassiolato (2002), o NHS, criado em 1911 e universalizado em 1948, foi fundamental para a criação de um forte sistema de inovação no setor saúde. A administração do NHS criou um triângulo de interações tecnológicas entre pesquisa acadêmica, desenvolvimento empresarial e prática médica. Estas interações foram importantes para criar uma cultura médica "científica" que gerou demanda por estudos e pesquisas clínicas e biomédicas no país. Por sua vez, a indústria britânica se beneficiou muito deste sistema para contratar especialistas, direcionar seus esforços de pesquisa e para uma rápida difusão de novas drogas.

A indústria farmacêutica no Reino Unido é uma das mais importantes no país tendo duas empresas entre as maiores do mundo (Paranhos, 2012). Ainda que presente desde o século XIX, a maioria das empresas só foram desenvolver capacidades próprias e estabelecer laboratórios de P&D no período entre guerras (Corley, 1999). Durante a Segunda Guerra, os governos britânico e norte-americano[3] organizaram esforço em massa de pesquisa e produção com foco em técnicas comerciais de produção e em análises de estruturas químicas. No Reino Unido, participaram deste esforço mais de vinte empresas, várias universidades e o departamento de agricultura.[4]

A comercialização da penicilina foi um divisor de águas no desenvolvimento da indústria, por duas razões. A primeira pela acumulação de capacidades organizacionais e experiência técnica necessárias para o desenvolvimento desse medicamento, e a segunda pelo reconhecimento que o desenvolvimento de medicamentos poderia ser muito lucrativo. Como consequência, as empresas farmacêuticas iniciaram investimentos expressivos em P&D na construção de capacidades internas (McKelvey e Orsenigo, 2001). A pesquisa deixou de ser algo oportunista, para ser uma função necessária (Liebenau, 1990). A Segunda Guerra criara demanda até estão sem precedentes para penicilina e antibióticos, possibilitando que empresas britânicas fossem as *first movers*[5] na nova tecnologia (Chandler, 2005).

3. O *know how* para a produção em massa era norte-americano. Durante vários anos, as empresas britânicas pagaram *royalties* às empresas americanas.

4. Até então estratégias de colaboração em pesquisa não haviam sido possíveis, pois as empresas relutavam em compartilhar seus segredos (Corley, 1999).

5. Glaxo, ICI (Imperial Chemical Industries) e SmithKline Beecham.

Cabe mencionar que a criação de empresas britânicas de medicamentos prescritos teve início e foi financiada por empresas privadas e não pelo governo, ainda que as políticas públicas de saúde fossem importantes para o mercado doméstico de medicamentos. Isto se mantém até o presente. De acordo com dados do ONS,[6] em 2012, a indústria farmacêutica britânica investiu cerca de £4,20 bilhões em P&D, representando 33,8% da receita de vendas. Deste montante, 66% são recursos das próprias empresas, 26% de outras empresas (britânicas e estrangeiras) e apenas 8% é financiado pelo governo.

Entre as décadas de 1950 e 1970, a indústria farmacêutica britânica acelerou seu processo de mudança estrutural em decorrência da estratégia do governo de preço e da segurança dos medicamentos. A *Voluntary Price Regulation Scheme* de 1957 fixava o preço dos medicamentos em nível que permitia aos produtores um nível razoável de retorno sobre os investimentos, estimulando os gastos em P&D. O governo também fortaleceu os procedimentos de teste dos medicamentos, de forma a beneficiar as empresas mais progressivas e eliminar empresas menores. Como consequência, o número de novos medicamentos lançados no Reino Unido caiu acentuadamente, mas a proporção de medicamentos inovadores cresceu. A inovação farmacêutica no Reino Unido tinha mais qualidade refletindo em aumento da sua participação no comércio internacional.

A partir de 1970, as empresas farmacêuticas britânicas passaram por um processo de internacionalização, estabelecendo bases competitivas com seus rivais globais. Contudo, tais empresas ainda estavam longe do *ranking* mundial: em 1982, a Glaxo, a mais bem posicionada, ocupava a 18ª posição.[7] Para aumentar suas capacitações competitivas, as empresas iniciaram processos de reestruturação, com venda de seus ativos não relacionados às suas capacidades essenciais, passando algumas por processos de fusão e aquisição.

Em 2003, o governo britânico lançou um documento priorizando o setor saúde chamado *Bioscience* 2015 – *improving national health, increasing national wealth*. Neste documento, eram definidas diretrizes em diversas *áreas* para o desenvolvimento da biociência até 2015, para garantir que o Reino Unido permaneça na fronteira da pesquisa em saúde. Entre as várias ações realizadas se inclui a criação do UK Clinical Research Collaboration (UKCRC) para melhorar a infraestrutura de pesquisa clínica e médica; a criação da *joint-venture* MRC/NHS Health Research Delivery Group, em 2004, buscando aproximar os financiadores do governo da pesquisa médica e clínica; a criação de uma nova estratégia de pesquisa para o NHS denominada Best Research for Best Health, em 2006, e o estabelecimento do MRC

6. Fonte: Business Research & Development in the UK.

7. As demais empresas britânicas mais bem posicionadas eram a ICI (23ª posição), a Wellcome (25ª posição) e a Boots (42ª posição).

Technology para gerenciar e comercializar direitos de propriedade decorrente da pesquisa básica realizada por pesquisadores diretamente financiados pelo Medical Research Council (MRC).

Atualmente, a pesquisa básica no setor biofarmacêutico é financiada pelo Conselho de Pesquisa Médica (Medical Research Council) e pelo Conselho de Pesquisas em Biotecnologia e Ciências Biológicas (Biotechnoloy and Biological Sciences Research Council – BBSRC) por meio de bolsas de estudo e pesquisa, subvenção para pesquisa e incentivo a atividades cooperativas para pesquisas interdisciplinares. Ademais há programas como o LINK e o Faraday Partnership que estimulam a colaboração entre os setores industrial e acadêmico, bem como programas que estimulam o P&D e a inovação como o Smart (Small Firms Merit Award for Science and Technology) e KTP (Knowlege Transfer Partnership) principalmente para as PMEs (Paranhos, 2012).

O resultado desse arcabouço institucional é um sistema de inovação em saúde que "conta com uma base científica extremamente complexa, capaz e eficiente" (Albuquerque e Cassiolato, 2003, p. 48), que permitiu a criação de um ambiente propício para a colaboração entre empresas e universidades e institutos de pesquisa.

2.2 O caso da Índia

Assim como no Brasil, a história da evolução do sistema de inovação indiano aponta o surgimento da base industrial produtiva nacional a partir do início do século XX. Tal base, porém, mostrava a desconexão da capacitação inovativa indiana, visto que existia um viés de oferta de produtos de empresas multinacionais já a partir da década de 1910, facilitado pela instituição da Lei de Patentes de 1911 e pelas políticas de acesso a medicamentos garantidas pelo governo federal (Radaelli e Paranhos, 2013).

Essa conformação sistêmica pouco muda até meados do século passado, denotando baixa conexão setorial dos agentes do SSI indiano. Após isso, no entanto, políticas ativas de fomento ao setor ligadas à estratégia desenvolvimentista de substituição de importações adotadas pelo governo promoveram modificações importantes nas capacitações inovativas e produtivas do SSI indiano (Kiran e Mishra, 2011; Françoso e Strachman, 2013). Podem-se destacar:

- criação de institutos públicos e privados de P&D antes mesmo da independência nacional, em 1947, e políticas de apoio governamental para que esses laboratórios adquirissem capacitação de aprendizado dos processos de fabricação dos medicamentos patenteados importados (Radaelli e Paranhos, 2013);

- a universidade criada a partir do Instituto Indiano de Ciências de Bangalore em 1956, que se tornou ativa nos processos de P&D imitativo (Mytelka, 2006 *apud* Radaelli e Paranhos, 2013);
- diversas diretivas governamentais na década de 1970, sendo as principais a Lei de Patentes de 1970, as Ordens de Controle de Preços de Medicamentos (DPCO), a Lei da Regulação do Câmbio Estrangeiro (Fera) e a Nova Política de Medicamentos (Ray, 2008).

Tais medidas, que denotam uma ativa política industrial e inovativa setorial, conformam a mudança no ambiente do SSI indiano verificado até os dias atuais. A flexibilização da Lei de Patentes de 1970[8] aliada a políticas de regulação de preços (DPCO) e a regulação da participação estrangeira na oferta industrial (Fera) potencializaram e permitiram que a capacitação pré-estabelecida na criação dos institutos de pesquisa e da universidade de Bangalore fossem os promulgadores de um novo ambiente de aprendizado, inovação e oferta de produtos pautado em uma nova trajetória de aprendizagem tecnológica baseada na engenharia reversa por meio de processos não violadores[9] (Fink, 2000; Kremer, 2002; Grace, 2004; Ray, 2008).

Radaelli e Paranhos (2013) destacam a importância dessa associação entre novas capacitações e mudanças no ambiente estrutural pela criação de novas empresas privadas nacionais a partir de funcionários do setor público e cientistas acadêmicos ligados aos centros de P&D estabelecidos anteriormente. Como resultado dessa conjunção, a indústria farmacêutica indiana cresceu 21% e 11% na década de 1970 e 1980, respectivamente; ainda, em 1986, a porcentagem de investimentos em P&D em relação às vendas estava em 2%, em comparação a menos de 1% antes de 1970 (Ray, 2008). Esse crescimento da oferta setorial é voltado ao aumento da participação das empresas nacionais; em 1993, as multinacionais detinham apenas 39% do mercado indiano, mas em 1970 essa participação era de 90% (Radaelli e Paranhos, 2013).

Segundo Athreye, Kale e Ramani (2009), já na década de 1980 a capacitação alcançada dentro do sistema de inovação da saúde indiano permitiu que as empresas nacionais pudessem começar a explorar mercados transnacionais na Ásia e África, através da oferta de produtos de menor intensidade tecnológica e medicamentos genéricos. Em 1984, com a instituição do Waxman-Hatch Act nos Estados Unidos, um novo mercado consumidor de medicamentos genéricos se apresentou para as

8. Mais branda, a legislação flexibilizou o ambiente de proteção, conferindo patente apenas para o processo de substâncias químicas, com prazo de duração máximo de sete anos – ou cinco anos a partir da data de selagem – e apenas para novas substâncias fabricadas na Índia.

9. O processo de engenharia reversa não violador define-se pela produção de um mesmo medicamento por meio de processo de produção distinto. Esse processo não violador é mais complexo que o processo violador, pois este não infringe os direitos de propriedade intelectual do processo de fabricação original (Ray, 2008).

empresas indianas,[10] de forma que em 1990 algumas empresas – notadamente Ranbaxy e Dr Reddy's em maior extensão, e Orchid, Divi's e Shasun, em menor expressão – direcionam estratégias de crescimento para a exportação de produtos, até mesmo com a compra de empresas no exterior e contratos de produção conjunta (Chaudhuri, 2007).

Contudo, o início da década de 1990 e as novas regras de livre comércio e redução das distorções regulatórias nacionais impostas pela Organização Mundial do Comércio (OMC) estabeleceram novos desafios para as empresas indianas. No ambiente interno, a pressão da organização induz o governo a estabelecer reformas que envolvem a eliminação de barreiras comerciais, de subsídios à produção, de redução do controle de câmbio estrangeiro (modificação da Fera para a Fema em 1999) e, mais importante, a instituição de uma legislação de patentes única em nível mundial, o acordo TRIPS (em inglês, Agreement on Trade Related Aspects of Intellectual Property Rights) de 1995 (Ray, 2008).

A nova conformação estabelece uma fase de ajustes no SSI Saúde indiano, com especial reposicionamento das empresas da indústria farmacêutica nacional. A capacitação competitiva estabelecida pelas empresas nacionais nos últimos anos, fomentada com o estabelecimento de um sistema setorial mais forte, agora se mostrava de especial relevância para enfrentar o novo ambiente.[11]

O governo indiano optou por utilizar de uma possibilidade aberta quando da assinatura do TRIPS, a postergação do início de validade da legislação em dez anos (começando então a vigorar a proteção patentária a partir de 2005). Esse *delay* entre assinatura e validade propiciou um período de tempo maior para a capacitação do SSI indiano, com a modificação de estratégias tecnológicas: se antes houve uma capacitação no sentido de alcançar fatias maiores de mercado através de engenharia reversa não violadora, agora a mudança do padrão regulamentar que se apresentava para um horizonte próximo exigia um novo paradigma na busca de uma maior qualidade na oferta de medicamentos e de capacitações no desenvolvimento de produtos inovadores. Ray (2008) destaca que mesmo no final da década de 1980, as empresas nacionais já tinham atingido novos patamares na tecnologia de processo, mas na década de 1990 uma parte considerável de grandes firmas estava procurando se estabelecer em mercados mais rentáveis, no desenvolvimento de produtos inovadores.

10. O Waxman-Hatch Act aboliu os requerimentos para testes clínicos de medicamentos genéricos, substituindo-os por testes de bioequivalência e biodisponibilidade, usuais hoje em dia.

11. Radaelli e Paranhos (2013) apontam que algumas empresas, notadamente as exportadoras, já possuíam um padrão competitivo elevado, principalmente por exportarem para mercados regulados (como Europa, Estados Unidos e Japão). Essa capacitação competitiva, porém, se apresenta principalmente no mercado de ingredientes ativos e medicamentos genéricos, produtos com menor intensidade tecnológica, e que tendem a ter maior concorrência potencial e menores barreiras à entrada.

Estudos apontam que tal mudança de estratégia tem sido perseguida pelas empresas indianas, com um aumento consistente no investimento em P&D como percentual de vendas, no portfólio de produtos ofertados e nas estratégias conjuntas com a associação de demais agentes do SSI indiano (Chaudhuri, 2007; Kale, 2010; Kiran e Mishra, 2011; Radaelli e Paranhos, 2013; Françoso e Strachman, 2013). Essa modificação estratégica de atuação implica, no entanto, mudança de uma base de pesquisa baseada em P&D imitativo para P&D inovativo, o que requer além da capacitação prévia adquirida, esforços consistentes na integração de novas competências e descarte de competências irrelevantes (Radaelli e Paranhos, 2013).

De qualquer forma, a situação atual do padrão concorrencial das empresas farmacêuticas indianas é uma boa forma de mensurar a diferenciação do SSI da saúde indiano em relação ao SSI da saúde brasileiro. Ambos exibem uma evolução pautada por mudanças estruturais e de políticas públicas estabelecidas no começo do século passado e repaginadas para ênfase da indústria nacional na década de 1970. Ambos sofreram reformulações regulatórias com a liberalização econômica da década de 1990. Mas, apesar dessa conformação estrutural próxima, as capacitações alcançadas pelas principais empresas dos dois países atualmente apresentam resultados ainda bastante distintos.[12]

A distinção entre esses resultados perpassa sobre as capacitações históricas adquiridas desde a década de 1950 e confirmado na década de 1970 na Índia. A associação de uma estratégia bem-sucedida de criação de institutos de pesquisa e universidades, que puderam fornecer bases sólidas de formação de recursos humanos e P&D, aliada às políticas protecionistas permitiu às empresas indianas adquirirem conhecimentos e potencialidades que não puderam ser alcançados nas empresas brasileiras, pela falha existente no viés da promoção de políticas científicas e tecnológicas (apesar de certo sucesso de políticas protecionistas em território brasileiro, como poderá ser apresentado mais à frente). A articulação exitosa entre P&D, C&T e proteção de mercado verificada dentro do SSI da saúde indiano se apresenta como importante delimitador do sucesso e da capacitação que as empresas do país vêm demonstrando nos dias atuais.

3 CONSTITUIÇÃO DO SISTEMA NACIONAL DE INOVAÇÃO EM SAÚDE

3.1 Histórico do desenvolvimento do Sistema Setorial de Inovação da Saúde do Brasil: atores, estrutura setorial e resultados

Ribeiro (2001) destaca que o processo histórico do surgimento da indústria farmacêutica nacional tem estreita relação com a instituição de garantias sociais de saúde pública, das práticas sanitárias de prevenção e de combate às doenças infecciosas e

12. Françoso e Strachman (2013) apresentam um quadro comparativo entre algumas das principais empresas brasileiras e indianas da indústria farmacêutica, identificando as distinções entre a porcentagem de P&D em relação a vendas, número de patentes e publicações das empresas. Os resultados apresentados apontam vantagem para as empresas indianas.

com o surgimento de instituições de pesquisa básica e aplicada criadas com a organização do serviço sanitário de São Paulo, em particular o Instituto Adolfo Lutz, o Instituto Butantã e o Instituto Biológico. Por se posicionar na vanguarda econômica nacional, as necessidades de saúde pública se mostraram mais prementes justamente no estado paulista e, com vistas a oferecer políticas sociais que fossem consonantes com a nova ordem urbana que se apresentava, a promoção da articulação de uma rede de instituições de pesquisa científica em apoio às práticas sanitárias definiu uma política de saúde pública de longo prazo, não mais de soluções pontuais e paliativas. Aqui se evidencia o primeiro *link* entre ciência, tecnologia e produção nos primórdios do SSI da saúde brasileiro.[13]

Benchimol e Teixeira (1990 *apud* Ribeiro, 2001) ressaltam as ligações entre essas instituições de pesquisa (com a inclusão do Instituto Manguinhos, estabelecido no Rio de Janeiro em fins do século XIX) e a indústria farmacêutica, no âmbito da iniciativa privada. O aumento de demanda dos produtos elaborados nos estabelecimentos públicos trouxe viabilidade produtiva para obtenção de lucros; consequentemente, os cientistas aumentaram seu interesse no estabelecimento de empresas ou no trabalho realizado na iniciativa privada. Exemplos dessa transferência são Vital Brazil (Instituto Vital Brazil em 1919) e Mário Augusto Pereira e Eduardo Vaz (Instituto Pinheiros em 1928).

Tais informações denotam que, já no início do século passado, alguma associação entre agentes do SSI Saúde nacional se mostrava importante para a capacitação produtiva das empresas nacionais. Essa associação, contudo, se mostrava incipiente, apenas na forma de estabelecimento de capacitação produtiva via conhecimentos adquiridos na promoção da ciência e pouca interação entre os agentes. O desenvolvimento das empresas criadas a partir dessa migração de pessoal capacitado foi facilitado pela restrição de oferta externa provocada pela Primeira Guerra Mundial, visto que a inviabilidade das importações durante o período bélico proporcionou uma garantia de demanda (Lemos, 2008; CRFSP, 2014).

Esse ambiente perdura até o fim da Segunda Guerra Mundial, com produção nacional de larga escala destacada a partir da década de 1930 e desconexão entre agentes do SSI (Bermudez, 1995; Palmeira Filho e Pan, 2003; Paranhos, 2012). Contudo, após o fim da Segunda Guerra Mundial, duas conformações estruturais distintas modificaram os resultados do parque industrial brasileiro. São eles:

13. Suzigan e Albuquerque (2008) destacam a criação dos cursos de graduação de anatomia e cirurgia no estado do Rio de Janeiro em meados do século XIX como importantes resultados do início do estabelecimento de capacitação de recursos humanos em saúde no Brasil. A iniciativa privada ainda destaca a importância de estabelecimentos produtores de medicamentos artesanais no século XIX, derivados das boticas farmacêuticas, produtoras de medicamentos artesanais em um processo de pequena escala com produção basicamente realizada sob encomenda (Sindusfarma, 2014; CRFSP, 2014). Com o passar do tempo, esse cenário evoluiu para o surgimento de novos tipos de estabelecimentos, justamente as farmácias e os laboratórios industriais farmacêuticos.

- a consolidação das empresas multinacionais, provocada pela massificação das estratégias de P&D realizadas nos países bélicos durante a Segunda Guerra Mundial e pela metodologia da síntese química, principalmente a partir da década de 1930 (Palmeira Filho e Pan, 2003); e
- a política industrial levada a cabo pelo governo Juscelino Kubistchek, de facilitação de inserção do capital internacional nas atividades produtivas nacionais.

A conjunção desses fatores permitiu a consolidação do parque industrial brasileiro com forte participação de empresas multinacionais, pautadas principalmente pela produção em larga escala de produtos finais e baixa verticalização produtiva e científica, ou seja, realimentação da desconexão do sistema setorial de inovação (Gadelha e Maldonado, 2008). Seguindo uma estratégia de diversificação produtiva regional e especialização científica locacional (P&D *in house*), as empresas transnacionais não estabeleceram laboratórios de P&D com alta integração e transferência de conhecimento em território nacional, estratégia essa que estava *linkada* à insegurança do ambiente institucional brasileiro do período. Em 1971, é promulgado o Código de Propriedade Industrial pela Lei nº 5.772, e este não reconhecia patentes de produtos químicos e de processos de obtenção.[14] Dessa política surge a oferta nacional de medicamentos similares (Françoso e Strachman, 2013).

Políticas de apoio ao desenvolvimento do SSI Saúde nacional são implementadas na mesma década, com vistas a fornecer capacitação competitiva econômica e tecnológica. Bermudez (1994) cita, já a partir da década de 1960, a criação do Conselho de Desenvolvimento Industrial (CDI), a Comissão Parlamentar de Inquérito (CPI) da indústria farmacêutica iniciada em 1961, a nomeação de grupo de trabalho em 1963 e a constituição do Grupo Executivo da Indústria Farmacêutica (Geifar). Em nível horizontal, destacam-se já a partir da década de 1950 a criação do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e, no período do regime militar, a institucionalização de uma agência financiadora específica para projetos de cunho científico e tecnológico, a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep).

Em 1971, A Central de Medicamentos (Ceme) é estabelecida com funções de regulação e distribuição dos medicamentos produzidos nos laboratórios públicos. A Companhia de Desenvolvimento Tecnológico (Codetec), criada em 1976

14. A partir daí, as empresas nacionais puderam realizar investimentos em P&D por meio da decodificação dos produtos originais via engenharia reversa, lançando-os no mercado com preços mais competitivos. Ao mesmo tempo, contudo, a estratégia das empresas transnacionais se modificou, intensificando a compra de empresas nacionais a fim de diminuir a concorrência potencial (Lemos, 2008).

como empresa privada de P&D mas inserida em prioridades estabelecidas pelo governo, tinha o intuito de promover o desenvolvimento de produtos e processos de produção por meio de engenharia reversa (Paranhos, 2012). Essas iniciativas, porém, padeceram de má administração e indícios de corrupção, e tiveram suas atividades encerradas na década de 1990.

Nos anos 1980, uma série de medidas com fins ao favorecimento do SSI da saúde foram estabelecidas pelo governo federal, com ênfase no uso do poder de compra do Estado (Portaria Interministerial nº 4, dos ministérios da Saúde e da Indústria e Comércio, que estabeleceu medidas de incentivo e proteção à produção interna de fármacos) (Palmeira Filho e Pan, 2003) e por financiamentos a projetos industriais (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES) e de P&D (Finep e CNPq) (Oliveira, 2005; Paranhos, 2012). Todavia, o ambiente macroeconômico da década trouxe à tona restrições externas e internas, principalmente com as políticas de contenção de preços que erodiam, principalmente, as receitas de empresas com escala menor, notadamente as nacionais. O resultado final foi o aumento da participação das empresas multinacionais para 85% do mercado no fim da década e a continuação da desconexão dos agentes do sistema de inovação (Paranhos, 2012).

A chegada dos anos 1990 provocou modificações produtivas e tecnológicas importantes ligadas às políticas industriais horizontais implementadas no início da década. Entre estas políticas, as de maior impacto para o setor foram: *i*) a redução das tarifas aduaneiras, em particular a partir de 1994; *ii*) as flutuações na taxa de câmbio; *iii*) a liberalização dos preços a partir de 1992; *iv*) a implantação da nova legislação patentária em 1996 pela assinatura do TRIPS em 1995; e *v*) a redução significativa dos instrumentos financeiros de suporte ao investimento em produção e P&D setorial (por exemplo, recursos do BNDES e da Finep) (Queiroz e Gonzáles, 2001; Romano, 2005).

Tais modificações foram evidenciadas no contexto produtivo setorial, e alguns resultados conhecidos são: *i*) aumento das importações com modesto crescimento das exportações; *ii*) aquisições de empresas nacionais por estrangeiras; *iii*) aumento significativo dos preços; *iv*) desverticalização e especialização produtiva; *v*) estagnação da produção nacional e mesmo contração da produção em alguns segmentos (Frenkel, 2002), mas com poucos impactos no contexto científico e tecnológico. O próprio TRIPS teve o efeito principal de induzir um aumento da proteção patentária de não residentes (Caliari, Mazolleni e Póvoa, 2013), resultado já esperado visto a pressão internacional dos países desenvolvidos para a assinatura do acordo, mas sem modificação na capacitação científica e tecnológica dentro de território nacional.

Em suma, no fim da década de 1990, o SSI Saúde no Brasil apresentava problemas estruturais importantes, com dependência tecnológica externa e baixa capacitação científica, além de *deficit* comerciais, baixo consumo *per capita* e aumento de preços dos produtos.[15] Todo esse ambiente levou a modificações institucionais regulatórias e de cunho político no setor de saúde. Em 1998, a Agência Nacional de Saúde (ANS) foi criada, e, em 1999, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) foi estabelecida. Essas duas autarquias federais estabeleceram regras para o funcionamento do mercado de saúde privada e para a indústria farmacêutica sendo que, até então, o governo brasileiro não tinha ferramentas específicas para regular essas duas indústrias.

No Poder Legislativo, foi criada uma CPI no setor de saúde (Brasil, 2000). No Conselho Administrativo de Defesa Econômica (Cade), a agência antitruste brasileira, várias empresas foram acusadas de formação de cartel (Caliari e Ruiz, 2013). Todas essas políticas, apesar do cunho social e industrial, tinham o intuito de balizar as ações necessárias dentro de uma estratégia de desenvolvimento de longo prazo do setor saúde.

Concomitante a essas movimentações, as demais políticas se mostraram importantes no balizamento e no entendimento do SSI Saúde. No nível industrial, a Lei dos Medicamentos Genéricos (Lei nº 9.787, de 10 de fevereiro de 1999) foi criada com o objetivo de minimização de gastos privados e públicos, em um contexto de elevado incremento do nível de preços. Apesar da intenção planejada de redução de preços, efeitos não intencionais da política foram fortes o bastante para mudar a estrutura produtiva da indústria brasileira. Pode-se dizer que as empresas domésticas somente estiveram aptas a apresentar escala competitiva após a política ser implementada.

No nível tecnológico, a partir de 2003, novas políticas industriais setoriais, fortemente balizadas pela estratégia competitiva inovativa, têm privilegiado a orientação de políticas para o SSI Saúde. No nível científico, pode ser observada a mesma movimentação, com incremento da formação de recursos humanos especializados e novas capacitações de infraestrutura já a partir da década de 1990.

Essas observações pontuadas nos dois últimos parágrafos serão mais bem discutidas nos próximos subtópicos que analisam o posicionamento atual de agentes e políticas públicas inseridas dentro do SSI Saúde do Brasil.

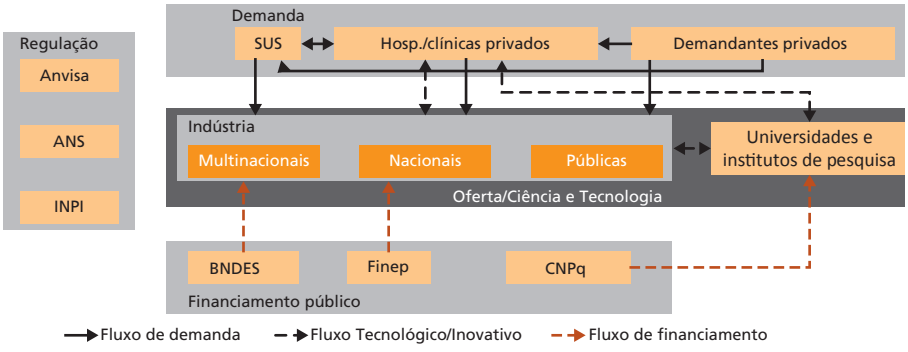
15. Segundo Caliari e Ruiz (2013), de 1995 a 1999, há uma inflação setorial explicada parcialmente pela liberalização de preços, pelos limites impostos à imitação de produtos, pela assinatura do acordo TRIPS e pelo fim das restrições de importação. A combinação desses efeitos permitiu o aumento de preços de medicamentos juntamente à dependência externa em termos de comércio e tecnologia.

3.2 O Sistema Nacional de Inovação em Saúde

O sistema nacional de inovação em saúde brasileiro é complexo em sua estrutura, pois apresenta uma série de distintos atores e duas dinâmicas inerentes e mutuamente dependentes: a lógica das políticas públicas e a lógica de acumulação privada. É impossível imaginar que políticas industriais e/ou de cunho inovativo não tenham efeitos sobre políticas sociais, sendo o contrário também verdadeiro. A existência dessas duas lógicas de produção gera, muitas vezes, interesses conflitantes na ação pública e pressão no sistema como um todo. Clamores sociais frequentemente transpassam e direcionam o financiamento da indústria e da inovação, algumas vezes suprimindo-os e, outras vezes, majorando-os.

Para uma melhor explicitação da complexidade das relações entre o SSI e a saúde, a figura 1 apresenta de forma sumária os principais agentes e as principais interações dentro do SSI Saúde. A definição de agentes já foi bem tratada em trabalhos da área (ver, por exemplo, Gelijns e Rosemberg, 1995; Hicks e Katz, 1996; Albuquerque e Cassiolato, 2002; Chaves e Albuquerque, 2006 e Consoli e Mina, 2009), mas o esquema apresentado na figura 1 segue exatamente as especificidades dos agentes e das interações do SSI na Saúde do Brasil.

FIGURA 1
Agentes e interações no SSI Saúde – Brasil



Elaboração dos autores.

As relações produtivas, tecnológicas e de financiamento podem ser consideradas as mais importantes para o sistema de inovação, mas os fluxos regulatórios e de demanda devem ser lembrados. Isso porque *i*) a definição regulatória define o padrão concorrencial e de inovação; e *ii*) a demanda pode definir trajetórias, principalmente a demanda do Sistema Único de Saúde (SUS), por meio do poder de compra do Estado. Dessa forma, os agentes e/ou as entidades apresentados na figura 1 exercem influência no SSI Saúde. Nos próximos tópicos, são discutidas

essas influências com foco na ação das empresas da indústria farmacêutica,[16] na atuação pública via políticas industriais e de inovação e no papel das instituições de ciência, tecnologia e inovação (CT&I)

3.2.1 Empresas da indústria farmacêutica

As empresas constituem, em qualquer sistema setorial estudado, o lócus das atividades inovativas, e por isso podem ser consideradas o principal agente de um sistema de inovação. Segundo a Pesquisa Industrial Anual (PIA) (IBGE, 2010), em 2010, haviam 537 empresas da Indústria de Fabricação de Produtos Farmoquímicos e Farmacêuticos com mais de cinco pessoas ocupadas (CNAE 2.0 capítulo 21), em um total de 93.866 empregos diretos gerados. Desse total, apenas 4,45% (24 empresas) produziam insumos (produtos farmoquímicos), o que corrobora a deficiência setorial e a necessidade de importação.[17] As empresas ainda possuem alto índice de concentração espacial, com 60% das unidades fabris e 75% do emprego localizados nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais (IBGE, 2007 *apud* Paranhos, 2012).

A evolução histórica setorial aponta a massiva participação na oferta de empresas multinacionais especializadas na fabricação de produtos inovadores, mas a legislação dos genéricos de 1999 provocou mudanças estruturais na indústria, com aumento da participação das empresas nacionais na indústria farmacêutica nacional. A tabela 1 aponta essa modificação.

TABELA 1
Participação de mercado (em valor) das firmas da indústria farmacêutica no mercado brasileiro (1998, 2007 e 2012)
(Em %)

1998			2007			2012		
Firmas	País de origem	Participação de mercado (1998)	Firmas	País de origem	Participação de mercado (2007)	Firmas	País de origem	Participação de mercado (2012)
Novartis	Suiça	6,3	EMS Sigma Pharma	Brasil	7,1	Grupo Sanofi	França	11,0
Roche	Suíça	5,5	Sanofi-Aventis	França	6,4	EMS Corp	Brasil	10,8
Bristol-Meyers Squibb	Estados Unidos	5,4	Aché	Brasil	5,6	Hypermarcas	Brasil	8,3

(Continua)

16. O SSI Saúde engloba a indústria farmacêutica e a indústria de equipamentos médico-hospitalar. Porém, é usual que o foco da análise industrial dentro desse sistema de inovação seja sobre a indústria farmacêutica, justamente pela dinâmica inovativa inerente a esse setor industrial e pela relevância econômica do mesmo (no ano de 2006, o valor bruto da produção da indústria farmacêutica era 8,37 vezes mais que o da indústria de equipamentos médico/hospitalar no Brasil (Ruiz *et al*, 2011).

17. De acordo com Caliari e Ruiz (2013), o Brasil tinha um *deficit* comercial de produtos farmacêuticos de US$ 5,35 bilhões em 2012. Grande parte desse *deficit* é pela necessidade de importação de insumos farmoquímicos.

(Continuação)

1998			2007			2012		
Firmas	País de origem	Participação de mercado (1998)	Firmas	País de origem	Participação de mercado (2007)	Firmas	País de origem	Participação de mercado (2012)
Hoechst Marion Roussel	Alemanha	5,2	Medley	Brasil	5,5	Novartis	Suiça	6,0
Aché/ Prodome	Brasil	4,7	Novartis	Suiça	4,4	Aché	Brasil	5,1
Janssen Cilag	Bélgica	3,7	Eurofarma	Brasil	3,5	Eurofarma	Brasil	4,1
Boehringer Ing.	Alemanha	3,7	Pfizer	Estados Unidos	3,4	Takeda Pharma	Japão	3,2
Glaxo Wellcome	Reino Unido	3,5	Bayer Schering Plough	Alemanha	3,2	Pfizer	Estados Unidos	2,8
Schering Plough	Alemanha	3,2	Boehringer Ing.	Alemanha	2,6	Bayer Schering Plough	Alemanha	2,7
Eli Lilly	Estados Unidos	3,0	Nycomed	Dinamarca	2,4	Glaxo SmithKline	Reino Unido	2,5
Outras	–	55,8	Outras	–	55,9	Outras	–	42,4

Fonte: Callegari (2000) para 1998, IMS Health para 2007 e 2012.
Obs.: Hoechst Marion Roussel foi comprada pela Sanofi-Aventis em 1999; Schering Plough fundiu-se com a Merck (Estados Unidos) em 2009; Janssen Cilag é parte do grupo Johnson & Johnson desde 1961; Medley foi comprada pela Sanofi-Aventis em 2009.

O incremento de relevância das empresas brasileiras na oferta total de medicamentos no Brasil é estritamente correlacionado com o aumento da participação de mercado dos medicamentos genéricos. De acordo com o *site* Pró-Genéricos (Pró-Genéricos, 2013), 88% da oferta de genéricos no Brasil em 2012 era realizada por empresas domésticas. O rápido crescimento das empresas brasileiras na fabricação de genéricos pode ser em parte explicado pelo conhecimento técnico e operacional prévio. A despeito de serem empresas menores antes da legislação, as firmas domésticas possuíam uma estrutura de negócios e produção bem estabelecida, com canais de distribuição que facilitaram o aumento da sua participação de mercado a expensas de empresas estrangeiras. Em suma, pequenas empresas domésticas ampliaram sua participação no mercado, seu portfólio de produtos e seu tamanho.

Alguns resultados obtidos pela exploração de dados inéditos das bases de dados da Pesquisa Industrial Anual (PIA) e da Pesquisa de Inovação Tecnológica (Pintec), disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e apresentados em Caliari e Ruiz (2013) revelam informações interessantes sobre o crescimento das empresas brasileiras na oferta nacional de medicamentos após a Lei dos Genéricos. Em suma, os resultados apontam crescimento do número de empresas inovadoras nacionais, em consonância com o aumento da participação destas no *market share* da indústria, um reposicionamento estratégico das empresas inovadoras nacionais em prol de maiores investimentos em P&D interno e no total

de inovação em detrimento de estratégias de *marketing* e um posicionamento estratégico contrário realizado pelas firmas inovadoras estrangeiras; estas intensificaram os dispêndios em marketing *vis* à *vis* uma redução nos investimentos em inovação.

Paranhos (2012) analisa a evolução desses resultados à luz das Pintecs de 2000, 2003 e 2005, e discorre que apesar do aumento do conteúdo inovativo, as empresas têm internalizado inovações no âmbito da própria empresa, não para o mercado. Conclui-se, assim, que as inovações são, na verdade, a utilização de técnicas e insumos novos para a fabricação dos produtos genéricos. Além disso, a autora destaca a redução do número de empresas que realizam atividades de P&D, a despeito do aumento do percentual gasto.

A tabela 2 apresenta a intensidade do esforço inovativo das empresas farmacêuticas nas cinco edições da Pintec. As constatações de Paranhos (2012) em relação ao número de empresas inovativas se mantêm nas duas últimas pesquisas (em relação ao ano (a.a.) de 2000), ainda que o número de empresas que fazem atividades internas de P&D tenha crescido desde 2005. As empresas vêm despendendo mais nas atividades internas de P&D, como pode ser evidenciado no aumento dos gastos em P&D/receita líquida, que em 2011 chega a 2,4%. Como consequência, as atividades internas de P&D vêm aumentando sua participação entre as demais atividades empreendidas para inovar, chegando a cerca de 50% em 2011.

As empresas farmacêuticas também vêm contratando mais pessoal para as atividades de P&D tendo apresentado crescimento de 145% entre 2000 e 2011 (de 1.264 para 3.099), inclusive bastante superior à média brasileira no período (72,1%). O pessoal alocado em P&D na indústria farmacêutica representava 3,1% da indústria de transformação em 2000, passando para 4,4% em 2011.

TABELA 2
Intensidade do esforço inovativo no setor farmacêutico e farmoquímico[18] – Brasil

Variáveis	2000	2003	2005	2008	2011
Número de empresas que realizaram atividades de P&D	176	131	117	144	138
Dispêndio em P&D interno/receita líquida	0,8	0,5	0,7	1,4	2,4
Dispêndio P&D interno/total dispêndios	14,6	15,3	17,4	29,4	49,8
Dispêndios em P&D/total dispêndios P&D na indústria	3,0%	2,0%	2,6%	4,1%	6,2%
Pessoal alocado em P&D interno	1 264	913	1 210	1 761	3 099
Pessoal alocado em P&D/ total da indústria	3,1%	2,4%	2,6%	3,7%	4,4%

Fonte: Pesquisa de Inovação Tecnológica (Pintec, 2000, 2003, 2005, 2008, 2011).
Elaboração dos autores.

18. Para as Pintecs 2000, 2003 e 2005, foi utilizada a CNAE 1.0 grupo 245: fabricação de produtos farmacêuticos (que inclui a fabricação de produtos farmoquímicos). Para as Pintecs 2008 e 2011, foram analisadas as CNAE 2.0 grupo 211 (fabricação de produtos farmoquímicos) e grupo 212 (fabricação de produtos farmacêuticos).

Significativo ainda é o reposicionamento das empresas inovadoras estrangeiras na inversão monetária para as estratégias de *marketing*. Caliari e Ruiz (2013) puderam inferir a intensificação desse tipo de estratégia para esse grupo de firmas, possivelmente com vistas à tentativa de diferenciação de seus produtos de marca; o fim das patentes permitiu a produção dos genéricos, e as empresas reagiram a esse movimento com o referido aumento em *marketing*. Esse resultado é bastante conectado com a estratégia de diferenciação de preço dos produtos de marca após a entrada dos genéricos no mercado, como sugerido em Grabowski e Vernon (1992), Franck e Salkever (1997), Fiúza e Lisboa (2001) e Vieira e Zucchi (2006).

Nos últimos anos, a indústria farmacêutica brasileira tem se estabelecido de forma a consolidar os resultados apresentados, com estratégias concorrenciais que visam ao aumento de escala, em determinados casos com viés inovativo para as empresas nacionais, e a tentativa de inserção das firmas estrangeiras na capacitação e produção dos medicamentos genéricos.

As firmas multinacionais não estavam preparadas para a oferta de genéricos, visto que a maioria delas estava focada em mercados mais rentáveis (medicamentos de referência) e no desenvolvimento de novas drogas, não possuindo, assim, controle sobre o sistema de distribuição e sobre os canais de venda dessa linha de medicamentos. Dessa forma, a estratégia inicial dessas empresas foi a propaganda dos medicamentos de referência para diferenciação em relação aos genéricos. Porém, a modificação das preferências da população, que aumentou sua tolerância em relação à diferenciação via marca e intensificou seu balizamento via preços, corroboraram o sucesso da estratégia dos genéricos para geração de receita.

Assim, já no fim dos anos 2000 as empresas transnacionais realizam os primeiros processos de fusão e aquisição de empresas brasileiras: em 2009, a Sanofi-Aventis adquiriu a Medley, e em 2010, a Pfizer comprou 40% de outra empresa doméstica, Teuto Farmacêutica (Cade, 2009a; 2010a). Outras firmas multinacionais, como a Teva e a Ranbaxy, começaram a fazer prospecções para compras futuras nessa época. Ainda em 2010, a Pfizer e a empresa brasileira Eurofarma lançaram uma versão genérica do Lipitor (atorvastatina, um redutor de colesterol). O acordo permitiu à Eurofarma a distribuição do novo produto, enquanto a Pfizer era a responsável pela fabricação. No momento, a Pfizer argumentou que a parceria poderia ajudá-la a manter sua participação no mercado brasileiro, e que muitas drogas genéricas já estavam preparadas esperando a expiração da patente do Lipitor, o que realmente aconteceu: algumas horas após a expiração, a empresa EMS anunciou a produção de seu genérico com distribuição para todo o território nacional (Cade, 2010b).

Além do reposicionamento das empresas estrangeiras, as estratégias para aumento de escala das empresas brasileiras são notórias. Por exemplo, a Hypermarcas, um grande e diversificado grupo nacional, realizou várias aquisições e fusões com

diversas empresas farmacêuticas, como a Sulquímica, DM Indústria, Farmasa, Neoquímica e Mantecorp. Essa estratégia posicionou o grupo Hypermarcas no *top* 10 de mercado da indústria farmacêutica no fim de 2012; contudo, o grupo ainda realiza poucos investimentos em P&D (Cade, 2007a; 2007b; 2008; 2009b; 2011).

De forma a se posicionar perante as empresas multinacionais, as empresas domésticas têm diversificado seus investimentos. A EMS inseriu-se no mercado americano, com uma estratégia de aposta em empresas que desenvolvem medicamentos inovadores ainda nas fases iniciais (EMS investe..., 2013). A companhia já conseguiu colocar no mercado o medicamento Patz, indutor de sono, fruto de uma inovação incremental (Estratégia de negócios..., 2013). Recentemente, demais grandes firmas domésticas criaram duas *joint ventures*: a Orygen Biotecnologia S.A. e a Bionovis S.A.

A *joint venture* Orygen é controlada por três proprietários (Biolab Sanus, Cristália e Eurofarma) e tem o intuito de produzir produtos biotecnológicos, desde que nenhuma das empresas sozinha tenha capacidades financeiras e tecnológicas para essa empreitada. O investimento de longo prazo, a escala de capital e a falta de sinergias internas com a produção de produtos biotecnológicos foram vistos como os principais determinantes para a instauração *da joint venture*. A segunda *joint venture* tem quatro proprietários (Aché, EMS, Hypermarcas e União Química) e também tem a pretensão de desenvolver produtos biotecnológicos (Cade, 2012; 2013). Essas iniciativas ainda são apenas projetos e possuem fortes incertezas quanto à capacidade de atingir suas metas; contudo, elas demonstram que a capacitação inovativa já faz parte da estratégia de algumas das grandes empresas domésticas.

Ainda, uma parte da produção de medicamentos nacionais é feita por laboratórios públicos. Segundo a Associação dos Laboratórios Farmacêuticos Oficiais do Brasil (Alfob), existem dezoito laboratórios públicos no Brasil, com certa distribuição regional: seis na região Nordeste, sete na Sudeste, quatro na Sul e um na Centro-Oeste. A função desses laboratórios é a produção de medicamentos essenciais para o SUS (Paranhos, 2012), mas atualmente o governo federal tem utilizado sua capacidade física para o estabelecimento de políticas públicas de fomento à inovação pelas parcerias público-privadas (PPP). Uma discussão mais aprofundada sobre essas políticas é feita no próximo tópico.

3.2.2 Políticas industriais e de inovação

Desde a década de 2000, uma série de políticas do governo federal tem sinalizado sobre a relevância do setor saúde no foco das diretrizes do desenvolvimento industrial e inovativo nacional. Foi assim com a Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (Pitce), em 2003, com a Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP), em 2008 e, mais recente, com o Plano Brasil Maior (PBM) de 2012.

Resguardadas as *nuances* específicas a cada uma dessas políticas, todas possuíam diretrizes e instrumentos de ação que destacavam a relevância do Complexo Industrial da Saúde (CIS) para o desenvolvimento nacional, tanto com um viés inovativo quanto da política pública e social. Nesta subseção, são elencadas algumas ações englobadas nessas políticas, que de maneira vertical ou horizontal causam impactos no SSI Saúde.

Grupo Executivo do Complexo Industrial da Saúde (Gecis)

O Gecis foi criado por decreto presidencial em 2008 e tem o objetivo de promover medidas e ações para implementação do marco regulatório no complexo da Saúde. É composto por representantes de várias entidades do governo e da sociedade civil, notadamente empresários do setor, e tem seus trabalhos focados no estabelecimento de grupos de trabalho, direcionados ao estudo de demandas específicas, industriais e sociais.

Grande parte das medidas apontadas no decorrer desse subtópico foram discutidas, delineadas ou modificadas a partir dos trabalhos do Gecis, de forma que o grupo se evidencia como o lócus da tomada de decisões e de discussões sobre os rumos das políticas industriais e de inovação para o SSI Saúde.

Profarma

O Profarma é um programa do BNDES de apoio a atividades produtivas e de C&T no setor saúde, estabelecido em 2004. Ao longo dos anos de atuação, o Profarma tem passado por reformulações orçamentárias e de escopo de políticas, mas tem se perpetuado como um programa de apoio importante à estruturação de empresas pertencentes ao setor saúde.

Entre 2004 e 2007, Capanema *et al.* (2008) apontam a existência de 49 projetos financiados pelo programa, em um total de R$ 2 bilhões investidos (R$ 1,02 bilhão de aporte do BNDES e R$ 998 milhões de contrapartida das empresas). Desse montante, 49% foram utilizados para aumento da capacidade produtiva das empresas (por meio do subprograma Profarma-Produção), 12% para projetos de P&D (Profarma-P,D&I) e 39% para reestruturação financeira de empresas nacionais (Profarma-Reestruturação).

Em 2007, novo aporte de recursos é disponibilizado pelo BNDES ao programa, e os resultados apontam que até agosto de 2012 esse banco havia financiado projetos da ordem de R$ 912 milhões. Nesse período, o foco de financiamento disponibilizado foi diferenciado em relação ao período anterior; agora, 49% dos projetos apoiaram atividades de P&D, ante 40% de projetos para estrutura industrial e 11% para projetos de exportação (Pieroni, 2012). A modificação da demanda para financiamentos parece apontar a movimentação apresentada na descrição das empresas nacionais do SSI Saúde: o crescimento em escala e escopo permitiu a

essas adentrar em novas estratégias de pesquisa científica e tecnológica. Além disso, o estabelecimento das duas *joint ventures* brasileiras (Orygen e Bionovis) contou com o apoio do financiamento do BNDES via Profarma.

Atualmente, na terceira fase, o Profarma consiste de três subprogramas, o Profarma-Produção, Profarma-Inovação e Profarma-Biotecnologia, com orçamento total de R$ 5 bilhões.

Lei da Inovação e Lei do Bem

A Lei da Inovação (Lei nº 10.973) e a Lei do Bem (Lei nº 10.973) têm o intuito de oferecer subsídios para empresas que se engajam em atividades de P&D pelo abatimento dessas despesas no imposto de renda (IR), por subvenção econômica a projetos de P&D, por redução de impostos na compra de material e equipamento para P&D e pela facilitação às parcerias entre universidades, institutos tecnológicos e empresas.

Apesar de figurar como um importante direcionador para o fomento de atividades inovativas, tais leis têm sua atuação limitada no setor produtivo em vista da forma de se declarar o IR. Como destacam Ruiz *et al.* (2011), visto que a dedução do imposto de renda sobre atividades inovativas é feita sobre o lucro real, uma gama considerável de pequenas e médias empresas que optam pela dedução do IR pelo Sistema Simples não são favorecidas, necessitando de incentivos de outra natureza.

O uso do poder de compra do Estado

A utilização do poder de oligopsônio do ente público para busca de resultados de política industrial e inovativa é uma estratégia efetiva de governos nacionais.[19]

Esse expediente toma formato no Brasil a partir de 2010, com a Lei nº 12.349. De cunho horizontal, a legislação previa a existência de margens de preferência por produto, serviço, grupo de produtos ou grupo de serviços que sejam de desenvolvimento e inovação tecnológica realizados no país, em um valor total de 25% sobre o preço dos produtos manufaturados e serviços estrangeiros.

Em 2012, as especificações para a indústria farmoquímica e farmacêutica são definidas no Decreto nº 7.713. Tal legislação estabelece a aplicação de margem de preferência nas licitações realizadas no âmbito da administração pública federal para aquisição de fármacos e medicamentos, com valores diferenciados: produtos que utilizam insumos produzidos no território nacional e são resultados de inovações tecnológicas dentro do país têm margem de preferência de

19. O objetivo é a garantia de demanda, permitindo que um produto subsidiado conte com demanda mesmo com um diferencial de preço positivo no curto prazo, com vistas a auxiliar o desenvolvimento de novos processos e melhorias de produto da empresa. A ideia é que, em um prazo mais longo, a empresa possa se tornar competitiva no mercado internacional.

20%; produtos nacionais que utilizam insumos estrangeiros possuem margem de preferência de 8%. Além disso, a Lei nº 12.715, no seu Artigo 73, define que os processos de compra do governo federal passam a desobrigar a licitação nos contratos em que existir transferência de tecnologia de produtos estratégicos para o SUS, até mesmo na aquisição destes produtos durante as etapas de assimilação tecnológica.

Parceria Público-Privada (PPP) e Parceria do Desenvolvimento Produtivo (PDP)

A formação de parcerias entre empresas produtivas privadas e laboratórios públicos é institucionalizada dentro do SSI Saúde a partir de 2008, com a Portaria nº 978. Tal portaria definiu o estabelecimento de PPPs e apresentou uma primeira lista de produtos estratégicos para o Ministério da Saúde (MS) no desenvolvimento do SSI, com estratégia de acrescer novos produtos a cada dois anos. O formato das PPPs é baseado na transmissão de suporte produtivo das empresas privadas a laboratórios públicos estatais, com contrapartida para as empresas privadas na realização dos lucros da venda garantida ao setor público.

Em 2012, a Portaria nº 837 estabelece as bases para as PDPs. Apesar de possuir o mesmo arcabouço institucional de permitir o relacionamento entre entes produtivos privados e laboratórios estatais para a fabricação nacional de medicamentos essenciais para as políticas públicas e industriais do MS, as *nuances* definidas na PDP estabelecem a obrigação da transferência de tecnologia do setor privado para os laboratórios públicos.

Essa nova formatação abarca de forma mais clara as lógicas econômica e sanitária que coevoluem no SSI Saúde. Nesse tipo de parceria, além da diminuição dos custos originada pelo licenciamento do produto, há a criação de capacitação tecnológica pelo aprendizado garantido pela transferência tecnológica. Além de garantir um ambiente sustentável de recursos no curto prazo, garante melhores condições para o desenvolvimento setorial no longo prazo.

Segundo informações do MS, no fim de 2013, foram contabilizados 104 acordos para a produção de 97 produtos em saúde em território brasileiro, envolvendo dezenove laboratórios públicos e sessenta privados – trinta de capital nacional e trinta estrangeiros, com geração de economia de R$ 4,1 bilhões a.a. para o governo federal (Brasil vai..., 2013).

Financiamentos para inovação e P&D

O problema do financiamento inovativo está na incerteza inerente ao processo de P&D. Esse elevado risco tende a reduzir o volume privado de recursos e elevar os critérios para a qualificação dos pedidos de empréstimos. Nesse sentido,

frequentemente as fontes de investimentos das empresas ficam dependentes de recursos próprios ou de financiamentos públicos.[20]

No caso do financiamento público para a inovação, a disponibilidade de recursos advém majoritariamente da Finep, do CNPq, do BNDES – como já apresentado na linha de financiamento Profarma –, e das Fundações de Assistência à Pesquisa Estaduais (FAPs). Mesmo sendo o BNDES o garantidor de investimentos em outras áreas que não são foco tecnológico, a criação de infraestrutura para as empresas atinge de alguma forma seu fluxo de caixa e permite um maior autofinanciamento nas inovações. Quanto à Finep, o financiamento é realizado via fundos setoriais, com o intuito de promover capacitação em ciência e tecnologia para indústrias, universidades e IPs. Considerando as universidades e os ICTs, a situação é ainda de maior dependência: por não ter recursos próprios, o financiamento por meio do CNPq, da Finep e das FAPs é a principal fonte de geração de capacitação tecnológica.

Demais ações para promoção do SSI Saúde

Entre as demais políticas que têm efeito sobre o SSI Saúde, podem ser destacadas as seguintes.

1) Ciência sem Fronteiras: constitui-se em um programa de promoção da ciência, tecnologia e inovação criado em 2011 pelo governo federal brasileiro. O incentivo dessas três áreas se dá através do intercâmbio e da mobilidade internacional de alunos e pesquisadores disponíveis a estabelecer uma relação de conhecimento que possibilitem a competitividade do país e a capacitação tecnológica.

2) Revisão da Resolução nº 2 da Câmara de Regulação do Mercado de Medicamentos (CMED): essa alteração trata do Coeficiente de Adequação de Preços (CAP), um desconto mínimo que passa a ser obrigatório nas vendas de algumas categorias de medicamentos ao setor público, por parte de todos os ofertantes dos produtos, sejam empresas distribuidoras, produtoras, representantes e farmácias. O CAP, que ficou definido em 24,69% é aplicado sobre o preço de fábrica que resulta no preço máximo a ser cobrado do governo. A política tem efeito sobre as possibilidades de uso do poder de compra do estado para promoção de políticas industriais.

3) Revisão do Marco de Acesso à Biodiversidade: discussão para revisão da Medida Provisória nº 2.186-16, de 2001, que desde sua origem tem sido bastante criticada pela comunidade científica nacional.

20. De acordo com a pesquisa realizada por Paranhos (2012), o financiamento não é suficiente para promover a inovação e o desenvolvimento nas empresas farmacêuticas. As empresas que conseguem financiamento do governo são aquelas que já possuem um projeto de inovação, de forma que os instrumentos parecem não ser eficazes no fomento para que novas empresas comecem a inovar. De acordo com uma empresa, "todos os editais que ganhamos são produtos que a gente já vinha trabalhando, já tem todas as informações" (Paranhos, 2012, p. 189).

3.2.3 Instituições de pesquisa

Os institutos de pesquisa no Brasil foram criados pelo governo na promoção da saúde pública, em particular o Instituto Adolfo Lutz, o Instituto Butantã e o Instituto Biológico (Ribeiro, 2001). Junta-se a esses o Instituto Manguinhos, no Rio de Janeiro, no final do século XIX, por uma iniciativa do governo federal (Camargo e Sant'anna, 2004).

Desde a última década, políticas de fomento à capacitação científica têm sido objeto de investimentos no Brasil, com ênfase na capacitação e formação de recursos humanos, no estabelecimento de redes de instituições de excelência científica e no aumento e na modernização dos institutos.

Em relação ao primeiro aspecto destacado, entre 1996 e 2008, o país vislumbrou um crescimento de 278% no número de doutores titulados em território nacional, em uma média de 11,9% a.a. (só em 2008, foram titulados 10.705 doutores). Na grande área de ciências da saúde, esse crescimento foi congruente à média, no valor de 11,8% a.a, com uma participação no total de doutores titulados em 2008 de 18,9% (Brasil, 2010). A maior parte desses profissionais é formada[21] e empregada em instituições públicas, dado o próprio processo de desenvolvimento do sistema de inovação brasileiro (Paranhos, 2012; Brasil, 2010).

A evolução na formação de recursos humanos reflete diretamente no estoque de capacitação científica nacional.[22] Segundo dados da base do Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq (DGP/CNPq), a base de dados nacional que melhor retrata a estrutura científica brasileira,[23] houve no período 2002/2010 um aumento de 81% no número de grupos de pesquisa cadastrados na base; na grande área de ciências da saúde, esse aumento foi similar, de 82%.

Tais resultados têm elevado o potencial científico brasileiro, estabelecendo assim o país entre os países com alta produtividade científica. Segundo Nicolsky (2014), o Brasil ocupava, em 2007, a 15º posição mundial na publicação de artigos científicos, com mais de 16 mil artigos publicados e 2% da participação mundial.

Ainda, segundo Chaves e Póvoa (2010), essa produtividade científica se apresenta de maneira mais latente em determinadas áreas científicas, com ênfase nas grandes áreas de ciências biológicas e da saúde. Em estudo comparativo das

21. Aproximadamente 90% dos títulos de doutor concedidos no ano de 2008 são de instituições públicas federais e estaduais (Brasil, 2010).

22. Segundo Brasil (2010), 77% dos titulados atuam nas áreas de educação e pesquisa.

23. A base do DGP/CNPq constitui o inventário dos grupos de pesquisa em atividade no país, abrangendo informações sobre recursos humanos, linhas de pesquisa, área do conhecimento, setores de atividade, produção científica e tecnológica dos pesquisadores, além dos padrões de interação com o setor produtivo. Esses grupos estão localizados em universidades, instituições isoladas de ensino superior, institutos de pesquisa científica, institutos tecnológicos, laboratórios de pesquisa e desenvolvimento de empresas estatais ou ex-estatais, e algumas organizações não governamentais (ONGs) com atuação em pesquisa.

vantagens comparativas reveladas das nações, os autores encontraram que o Brasil possuía melhores resultados nessas áreas (além da grande área de agronomia) em comparação com o resto do mundo, ainda com um aumento dessa vantagem no período 2000-2008.

Essa relevância pode ser evidenciada também na análise da evolução das interações realizadas entre empresas e grupos de pesquisa da base DGP/CNPQ. Entre 2002 e 2010, o número de interações aumentou 174%; na grande área ciências de saúde, esse aumento foi de 270%. Ou seja, se compararmos o aumento do número de grupos de pesquisa e de interações entre a média geral e a grande área de ciências da saúde, pode-se inferir que as instituições de pesquisa nas quais esses grupos estão filiados têm estabelecido maiores interações em busca de ciência e tecnologia, comparativamente às demais grandes áreas.[24]

Ainda, é relevante considerar a instituição da rede de Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCT) em 2008. Foram criados 101 centros de pesquisa multicêntricos brasileiros com o objetivo de desenvolver pesquisa e tecnologia no âmbito da promoção de um *catching-up* científico e tecnológico brasileiro. Essa estratégia é estabelecida com a mobilização e agregação dos melhores grupos de pesquisa nas suas áreas específicas.

O programa é conduzido pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), por meio do CNPq, em parceria com a Capes, BNDES e diversas fundações de amparo à pesquisa estaduais.[25]

Os 101 INCTs foram selecionados a partir de edital específico, e a distribuição regional após essa seleção mostra que a região Norte sedia oito institutos, o Nordeste quatorze, o Centro-Oeste três, a região Sul treze e o Sudeste 63. Os projetos estão distribuídos em dezenove áreas consideradas estratégicas, entre essas áreas tradicionais de inovação em saúde (biotecnologia, fármacos, biomedicina, atenção à saúde etc.) e outras áreas correlatas, como as tecnologias de informação e comunicação (TICs). Em uma análise preliminar do escopo de trabalho de todos os INCTs, pode-se verificar que do total de 101 institutos, 38 podem ser classificados como institutos ligados à ciência e inovação em saúde (37,6% do total). Desse total, 25 institutos (65,8%) estão localizados na região Sudeste.

24. Trabalhos já identificaram que para a área de saúde há problema de grande subestimação das interações existentes, tendo em vista que parte delas acontece com hospitais (Rapini *et al*., 2006; Hicks e Katz, 1996). Neste caso, o crescimento identificado é ainda mais expressivo.

25. Fundação de Assistência à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp); do Amazonas (Fapeam); de Minas Gerais (Fapemig); de Santa Catarina (Fapesc); do Rio de Janeiro (Faperj); e do Pará (Fapespa).

Apesar dessa reflexão apontar a relevância científica das instituições de pesquisa brasileira nas ciências da saúde, essa posição singular não retrata a realidade nacional no que tange à competitividade mundial. Em nível geral (ou seja, o total de patentes), em 2006, o Brasil ocupava a 29º posição no *ranking* de patentes depositadas no USPTO (órgão americano de propriedade intelectual), com 341 patentes. Se for considerado o *ranking* mundial de patentes triádicas,[26] o posicionamento nacional não é muito diferente: 26º posição, com 0,11% do total de patentes (Albuquerque *et al.*, 2010).

É certo que o patenteamento é uma estratégia utilizada de maneira diferenciada entre os setores, mas se mostra ainda mais importante no SSI Saúde, pois é um dos instrumentos mais utilizados para garantir lucros monopolísticos na indústria farmacêutica.[27] Chaves e Póvoa (2010) analisam informações do Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (Inpi) e verificam que foram depositadas, no período entre 2000 e 2005, 107 patentes relacionadas à fabricação de medicamentos para uso humano, e 105 patentes relacionadas à fabricação de aparelhos e instrumentos para usos médico-hospitalares; tais classes de atividade econômica ocupam a 19ª e 20ª posição no *ranking* por Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE), no período supracitado. Albuquerque *et al.* (2010) apontam que o setor de farmacêuticos e cosméticos tem o estoque de 1.404 patentes no Inpi no período 1980-2005, ou 1,3% do total depositado.

E, apesar de se tratar de uma estratégia realizada pelo agente inovador, as características inerentes ao SSI Saúde garantem que a participação das instituições que realizam ciência também seja crucial no processo de patenteamento da tecnologia, de forma que mesmo incipiente, o resultado para o SSI da Saúde seja dependente da base científica estabelecida e dos institutos de pesquisa e universidades que neles atuam. Segundo Chaves e Póvoa (2010), as universidades e instituições de ciência e tecnologia são responsáveis por 14,5% das patentes do subdomínio tecnológico farmacêutico-cosméticos, 7,1% do subdomínio biotecnologia e 6,7% do subdomínio engenharia médica. Ainda segundo os autores, a participação da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) nesse estoque é emblemática.

26. Segundo a Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE), patentes triádicas são aquelas submetidas simultaneamente aos três mais importantes escritórios de patentes atualmente: European Patent Office – EPO (Europa), U.S. Patents and Trademark Office – USPTO (Estados Unidos) e Japan Patent Office – JPO (Japão). O objetivo dessa estratégia metodológica é eliminar a superestimação que os residentes dos Estados Unidos podem apresentar na análise das patentes concedidas pelo USPTO.

27. Os altos custos de P&D e baixos custos de imitação garantem que agentes que realizam inovação recorram ao sistema de propriedade intelectual sempre que realizam uma nova descoberta. Tal barreira institucional-legal à imitação permite às empresas detentoras de patente o poder de mercado de determinado produto durante certo período de tempo, possuindo o monopólio da oferta. Assim, é usual imaginar que a descoberta científica passível de se tornar um produto ou processo novo para o mercado farmacêutico seja patenteado.

4 CARACTERÍSTICAS DA INFRAESTRUTURA DE CT&I NACIONAL VOLTADA PARA SAÚDE

A discussão anterior realizada com a apresentação dos SSI Saúde do Reino Unido, da Índia e do Brasil demonstra que, em comum, a estrutura de seus sistemas setoriais de inovação é conformada com a participação ativa de institutos e laboratórios de pesquisa. O surgimento das primeiras indústrias, o crescimento histórico e a capacitação inovativa e competitiva empreendida nesses sistemas apontam que a existência de sólidas instituições de pesquisa foi crucial para essa capacitação.

De posse dessa afirmação, este capítulo apresenta as informações sobre o levantamento empreendido pela pesquisa definida no âmbito deste livro, considerando especificamente a infraestrutura científica entendida como relevante na definição de um Sistema Setorial de Inovação da Saúde no Brasil. A metodologia de classificação da infraestrutura voltada ao SSI Saúde foi feita por meio de uma análise minuciosa de todas as infraestruturas científicas da base de dados, com realização de análises particulares e consultas a especialistas. Após essa primeira etapa, ainda foi considerada a análise detalhada de laboratórios autodenominados da grande área de ciências biológicas com o intuito de verificar se a atuação em pesquisa básica dessas infraestruturas também é direcionada à saúde. Esse processo também foi acompanhado por especialistas da área.

O resultado desse processo de classificação é a definição de um total de 412 infraestruturas científicas de pesquisa voltadas à saúde, o que corresponde a 23,35% do total das infraestruturas analisadas na totalidade da pesquisa apresentada neste livro. Essas infraestruturas estão localizadas em 63 instituições no território nacional, em um total de 58.579,84 m^2 de área física. São infraestruturas recentes, com 83% dos laboratórios apresentando início da operação a partir da década de 1990, e 58% a partir dos anos 2000.

Os subtópicos a seguir irão elencar características importantes dessas infraestruturas, com especial interesse sobre a regionalidade, tipo de serviços realizados, área de atuação, capacitação científica e de recursos humanos, adequação da infraestrutura e a percepção dos usuários desses laboratórios.

4.1 Características gerais da infraestrutura de pesquisa

4.1.1 Distribuição regional da infraestrutura científica: quantitativo, área física e recursos humanos

A tabela 3 apresenta as primeiras informações sobre características gerais da infraestrutura científica em saúde da base de dados com um recorte de viés regional.

TABELA 3
Informações por distribuição regional (regiões federativas)

Região	Infraestrutura (quantidade)	(%)	Área física (m²)	(%)	Número médio da área física	Número de pesquisadores	(%)	Número médio de pesquisadores
Centro-Oeste	29	7,1	2.753,16	4,7	94,94	102	5,3	3,52
Nordeste	21	5,1	2.752,03	4,7	131,05	86	4,5	4,10
Norte	12	2,9	2.484,62	4,2	207,05	28	1,5	2,33
Sudeste	255	62,0	40.033,38	68,3	156,99	1.231	63,7	4,83
Sul	94	22,9	10.566,55	18,0	112,41	487	25,2	5,18
Total	**412**	**100,0**	**58.589,74**	**100,0**	**142,55**	**1.934**	**100,0**	**4,71**

Elaboração dos autores.

As informações apresentadas na tabela 3 apontam a relevância da região Sudeste no número de infraestrutura científica e no quantitativo de pesquisadores usuários dessas infraestruturas. A soma das infraestruturas locadas nas Unidades Federativas (UFs) pertencentes a essa região respondem por 62% e 63,7% do total de infraestrutura e de pesquisadores usuários, respectivamente.

No extremo oposto, há clara disparidade das infraestruturas localizadas nas regiões Centro-Oeste, Nordeste e Norte. Nessas regiões, o número total somado de infraestruturas é de 15,1%, com área física média e número médio de pesquisadores por infraestrutura menores que a média nacional (com exceção para a área física média da região Norte). Aliás, o resultado para a região Norte é emblemático, pelo pequeno número total de infraestrutura científica (doze unidades), mas que possuem a maior média de área física nacional com a menor média de pesquisadores por infraestrutura.

Essas constatações regionais são corroboradas pelo recorte no nível das UFs, apresentado na tabela 4.

TABELA 4
Informações por distribuição regional – Unidades Federativas

Estados	Número de instituições	Número de infraestruturas	Área física (m²)	Área física média (m²)
Centro-Oeste				
Distrito Federal	3	13	1.837,2	141,3
Goiás	2	2	80,0	40,0
Mato Grosso do Sul	1	14	836,0	59,7
Nordeste				
Alagoas	1	2	85,0	42,5
Bahia	7	11	1.877,8	170,7
Paraíba	1	2	–	–
Pernambuco	1	5	789,0	157,8
Sergipe	1	1	–	–

(Continua)

(Continuação)

Estados	Número de instituições	Número de infraestruturas	Área física (m²)	Área física média (m²)
Norte				
Amazonas	2	11	2.413,0	219,4
Pará	1	1	72,0	72,0
Sudeste				
Minas Gerais	7	60	7.509,9	125,2
Rio de Janeiro	6	110	12.085,5	109,9
São Paulo	14	85	20.437,7	240,4
Sul				
Paraná	2	31	3.411,1	110,0
Rio Grande do Sul	10	39	4.160,0	106,7
Santa Catarina	4	25	2.995,5	119,8
Total	**63**	**412**	**58.589,7**	**142,6**

Elaboração dos autores.

Tais observações indicam elevada concentração também em nível estadual, com importância quantitativa principalmente para as infraestruturas localizadas nos estados do Rio de Janeiro e de São Paulo. Essa concentração deve ser entendida pela própria evolução da dinâmica econômica e do estabelecimento dos pilares do sistema de inovação da saúde brasileiro. Os estados de São Paulo e do Rio de Janeiro são historicamente os dois principais centros dinâmicos nacionais; o primeiro pela relevância econômica, e o segundo pela relevância política até a mudança da capital para Brasília. Assim, conforme descrito na apresentação da evolução histórica do SSI Saúde nacional, o estabelecimento dos primeiros centros de pesquisa em saúde, datados do início do século passado, foram estabelecidos nesses estados da Federação.

Essa capacitação prévia aliada ao dinamismo do mercado consumidor estabeleceu pilares sólidos para que o crescimento da indústria farmacêutica nacional fosse concentrado locacionalmente sobretudo nesses estados.[28] Nessa mesma via pode ser entendida a concentração das infraestruturas científicas.

Entre os demais estados, destacam-se Minas Gerais e os outros estados da região Sul, corroborando a conformação geográfica apresentada na tabela 3. É interessante ainda verificar as infraestruturas estabelecidas no estado do Amazonas, pois tal capacitação científica parece ser a única que não está ligada às capacitações econômicas e à relevância regional. Esta deve ser explicada pela potencialidade natural da região por meio da atuação do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa), estabelecido na década de 1950 e que é referência mundial em biologia tropical (nove infraestruturas do estado são de responsabilidade do Inpa).

28. Segundo informações da Relação Anual de Informações Sociais do Ministério do Trabalho e Emprego (Rais/MTE), São Paulo e Rio de Janeiro possuem a maior quantidade de estabelecimentos e emprego das empresas pertencentes à indústria farmacêutica nacional.

4.1.2 Campo científico dos laboratórios que atuam na área

A tabela 5 apresenta informações sobre a atuação da infraestrutura científica em saúde nas distintas grandes áreas do conhecimento.

TABELA 5
Informações por grande área do conhecimento

Grande área do conhecimento	Infraestrutura (quantidade)	(%)	Área física (m²)	(%)	Número médio da área física (m²)	Número de pesquisadores	(%)	Número médio de pesquisadores
Ciências agrárias	25	4,7	6.868	3,2	274,73	141	5,4	5,6
Ciências biológicas	309	57,4	118.806	55,2	384,49	1377	52,4	4,5
Ciências exatas e da terra	39	7,3	24.343	11,3	624,18	188	7,2	4,8
Ciências da saúde	134	24,9	34.332	16,0	256,21	700	26,6	5,2
Engenharias	31	5,8	30.830	14,3	994,51	224	8,5	7,2
Total	**538**	**100**	**215.179**	**100**	**399,96**	**2630**	**100**	**4,9**

Elaboração dos autores.

Cabe destacar que a contagem do número de infraestrutura, da área física e do número de pesquisadores (e também dos seus respectivos valores médios) é diferente do quantitativo das tabelas citadas anteriormente pela questão da dupla contagem de infraestruturas, visto que alguns laboratórios de pesquisa declaram atuar em mais de uma área do conhecimento.

Como esperado, as principais áreas científicas declaradas pelos respondentes responsáveis pela infraestrutura são as grandes áreas de ciências biológicas e de ciências da saúde, tanto na quantidade de infraestrutura científica quanto no número total de pesquisadores. Esses laboratórios informaram realizar pesquisas em 188 áreas científicas distintas da saúde, com grande variedade nos tipos de pesquisa desenvolvidos. A ênfase, porém, pode ser dada às áreas de microbiologia aplicada (representando 5,46% da infraestrutura da área de saúde), fisiologia de órgãos e sistemas (3,68%), biologia e fisiologia dos micro-organismos (3,08%), imunologia celular (2,97%); clínica médica (2,85%) e química de macromoléculas (2,58%).

4.1.3 Número de laboratórios multiusuários (número de infraestruturas abertas ou não a usuários externos) e multidisciplinares

O recorte por grande área do conhecimento ainda pode ser útil para analisar as especificidades das infraestruturas científicas quanto à sua disponibilidade ao uso de usuários externos (laboratório multiusuário) ou ainda quanto à sua multidisciplinaridade. Essas informações são disponibilizadas na tabela 6. Cabe relembrar a dupla contagem nas informações sobre as infraestruturas.

TABELA 6
Informações infraestrutura multiusuário e multidisciplinar por grande área do conhecimento

Grande área do conhecimento	Infraestrutura (Quantidade)	Multiusuários	Multiusuário (%)	Multidisciplinares	Multidisciplinar (%)
Ciências exatas e da terra	39	29	74,36	30	76,92
Ciências biológicas	309	255	82,52	85	27,51
Engenharias	31	23	74,19	28	90,32
Ciências da saúde	134	100	74,63	66	49,25
Ciências agrárias	25	19	76,00	21	84,00
Total	**538**	**426**	**79,18**	**230**	**42,75**

Elaboração dos autores.

Quanto à existência de infraestruturas multiusuárias, pode-se inferir que em todas as grandes áreas do conhecimento a permissão de acesso de pesquisadores externos ao uso do laboratório incide sobre a maioria das observações, em uma média geral de 79,18% de infraestruturas abertas à utilização externa. Apesar dessa porcentagem ser maior para laboratórios da grande área de ciências biológicas, o valor percentual de laboratórios abertos para todas as grandes áreas foi expressivo.

A proximidade no tipo de acesso dá lugar a uma clara diferenciação na multidisciplinaridade da pesquisa científica nas distintas grandes áreas do conhecimento. Infraestruturas das áreas de ciências biológicas e ciências da saúde, justamente as áreas científicas que possuem a maior quantidade de infraestrutura científica voltada à saúde, possuem uma menor quantidade de infraestruturas multidisciplinares *vis* à *vis* às demais áreas. Apenas 42,75% das infraestruturas científicas da saúde são apontadas como infraestruturas multidisciplinares, com uma porcentagem ainda menor para a grande área de ciências biológicas (27,51%).

Ou seja, apesar de ser identificada uma grande gama de áreas de pesquisa da saúde realizadas nesses laboratórios (188 áreas de pesquisa conforme discutido no tópico 4.1.2), os laboratórios das principais grandes áreas do SSI Saúde brasileiro possuem maior grau de especialização científica, se comparado a laboratórios de demais grandes áreas. Esse resultado é até uma indicação do motivo da presença de alguns laboratórios das demais grandes áreas (ciências exatas e da terra, engenharias e ciências agrárias) na infraestrutura da saúde: são laboratórios que realizam pesquisas em distintas áreas do conhecimento, entre elas a saúde, sendo bem provável que essa área não seja o principal objetivo de existência do laboratório (ao contrário do que se espera que aconteça em ciências biológicas e ciências da saúde).

4.2 Recursos humanos

4.2.1 Equipe técnica: número de pesquisadores, estudantes e técnicos por nível de formação

A tabela 7 apresenta informações sobre os recursos humanos que utilizam as infraestruturas científicas voltadas à saúde. As informações são concernentes à titulação máxima, ao tipo de vínculo estabelecido e ao tempo de dedicação disponível para o trabalho nas pesquisas realizadas nessas infraestruturas. Os dados apontam padrões bastante específicos dos recursos humanos envolvidos nas atividades de pesquisa: titulação máxima majoritária de doutores (80,4%), em sua maioria são servidores públicos (58,3%) que despendem mais de trinta horas semanais nas atividades de pesquisa realizadas nos laboratórios (61,6%). Do lado oposto, verifica-se a existência de uma quantidade considerável de recursos humanos com vinculação remuneratória estabelecida por bolsa (20,5%) e tempo de atividade de menos de dez horas semanais (24,4%).

TABELA 7
Recursos humanos: titulação máxima, tipo de vínculo e tempo de dedicação

Variáveis selecionadas	Total	Total (%)
Titulação		
Doutorado	1.436	80,6
Mestrado	197	11,1
Graduação	76	4,3
Outros	73	4,1
Total	**1.782**	**100,0**
Tipo de vínculo	Total	Total (%)
Bolsista	396	20,5
Celetista	217	11,2
Outro	142	7,3
Pesquisador visitante	51	2,6
Servidor público	1.128	58,3
Total	**1.934**	**100,0**
Tempo de dedicação	Total	Total (%)
Até 10h semanais	471	24,4
Mais de 20h a 30h semanais	84	4,3
Mais de 10h a 20h semanais	188	9,7
Mais de 30h semanais	1.191	61,6
Total	**1.934**	**100,0**

Elaboração dos autores.

Esse padrão é bastante condizente com a dinâmica da P&D em saúde do Brasil, majoritariamente ligada à atuação pública. Os laboratórios apontam tal condição com a atuação de pesquisadores do serviço público – na sua maioria professores federais – e bolsistas de pós-graduação (principalmente mestrado) na pesquisa de seus trabalhos científicos.

Os responsáveis pelas infraestruturas ainda foram indagados a responder informações sobre as suas percepções em relação à adequação da qualidade e quantidade de recursos humanos empregados nas infraestruturas. A resposta a tal pergunta é apresentada na tabela 8.

TABELA 8
Percepção de adequação às necessidades de pesquisa – variáveis selecionadas
(Em %)

Variáveis selecionadas	Adequado	Pouco adequado	Inadequado	Não se aplica
Formação dos pesquisadores	44,94	33,63	18,75	2,68
Número de profissionais – apoio técnico	69,35	18,15	4,17	8,33
Qualificação dos profissionais	73,81	5,06	0,89	20,24
Número de pesquisadores	23,21	30,65	44,05	2,08

Elaboração dos autores.

A análise da tabela 8, feita em conjunção com sua predecessora, revela uma informação importante sobre os recursos humanos usuários da infraestrutura nacional em saúde: a adequação na quantidade de pesquisadores tem se mostrado uma necessidade mais premente aos responsáveis pela infraestrutura que a qualidade da formação e até mesmo o número de profissionais de apoio técnico.

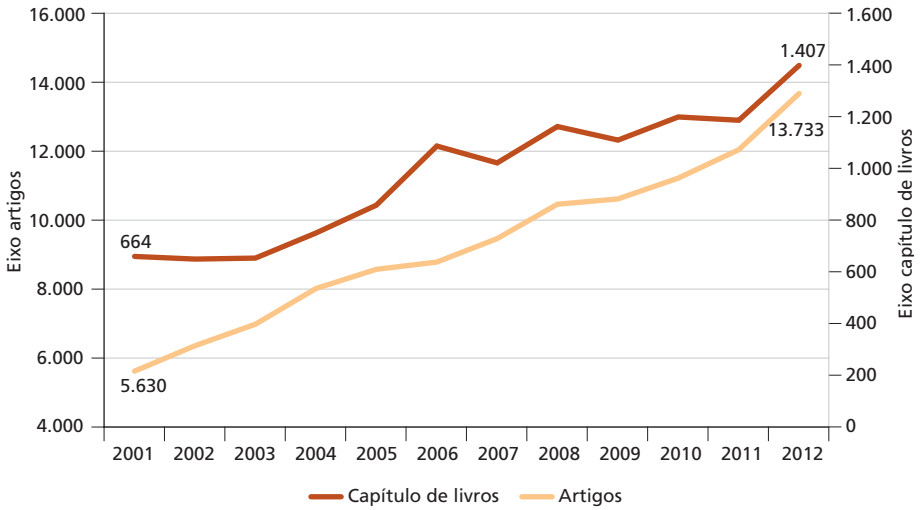
A tabela 7 dá suporte a essa constatação ao apontar que a maioria dos pesquisadores possui titulação de doutor. A comprovação da percepção dos responsáveis demonstra que apesar das políticas de aumento da formação de pessoal científico ter se consolidado nos últimos anos (como evidenciado no tópico 2 deste capítulo), ainda há a necessidade de incremento no número de pesquisadores. Isto evidencia também a provável dificuldade de contratação de novos pesquisadores por parte dos institutos de pesquisa.

4.2.2 Produção científica e tecnológica dos pesquisadores dos laboratórios

Os dados sobre a produção científica e tecnológica dos pesquisadores vinculados às infraestruturas foram tabulados a partir do *link* entre os pesquisadores declarados atuantes e seus respectivos currículos *lattes*. Foram consideradas publicações e patentes cadastradas na base do currículo no CNPq até 2012. Como cada pesquisador pode ser atuante em mais de uma infraestrutura, a soma realizada na análise aqui apresentada pode sofrer de dupla contagem.

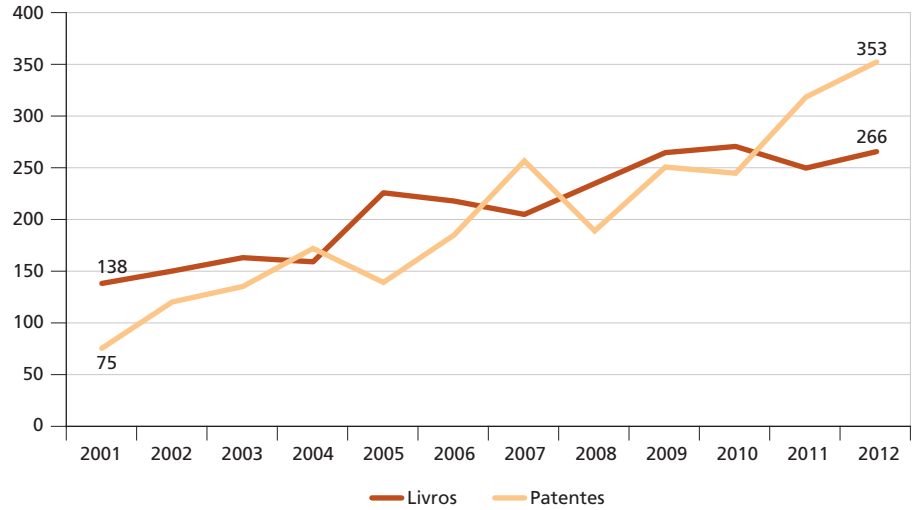
Para os gráficos 1 e 2, foram classificadas a evolução do número de publicações em artigos (em periódicos nacionais e internacionais) e capítulos de livros (gráfico 1) e livros e patentes (gráfico 2) entre 2001 e 2012. O objetivo do desmembramento da análise dessas variáveis é somente a variação escalar entre elas; permitir todas em uma mesma figura poderia dificultar a leitura visual das informações.

GRÁFICO 1
Evolução do número de artigos e capítulos de livros (2001-2012)



Elaboração dos autores.

GRÁFICO 2
Evolução do número de livros e patentes (2001-2012)



Elaboração dos autores.

Um aspecto comum entre as bases é a verificação de um considerável aumento no número de publicações e no número de patenteamento dos pesquisadores. A tabela 9 aponta o crescimento total e o crescimento médio anual para as séries temporais das variáveis. Na tabela 9, também foi incluída a informação sobre o crescimento médio entre 1991 e 2000.[29]

TABELA 9
Crescimento total e médio anual (1991-2000 e 2001-2012)

Variáveis	Total 1991-2000 (%)	Média anual 1991-2000 (%)	Total 2001-2012 (%)	Média anual 2001-2012 (%)
Artigos	128,90	8,63	143,92	8,44
Capítulos de livros	170,05	10,44	111,89	7,06
Livros	49,46	4,10	92,75	6,14
Patentes	673,52	22,70	370,67	15,12

Fonte: Dados da pesquisa.

Os dados extraídos apontam que a evolução nas variáveis pode ser vista já desde a década de 1990, resultado este do aumento das políticas de fomento à formação de recursos humanos científicos (Brasil, 2010; Paranhos, 2012). No caso das publicações, esse aumento se intensificou no período 2001-2012 para os artigos e livros, e apresentou ligeira queda para os capítulos de livros. Esse aumento quantitativo, contudo, deve ser avaliado com base nas áreas de especialização da comunidade científica nacional. Segundo Chaves e Póvoa (2010), em 2008, a especialização científica brasileira apresentava relevância em nível mundial principalmente nas áreas de pesquisa em doenças tropicais, não necessariamente as pesquisas com maior conteúdo tecnológico em saúde.

No caso do patenteamento, os resultados apontam uma evolução considerável nos dois períodos, mas com maior relevância para a década de 1990. Conclusões sobre esse aumento devem levar em consideração a modificação da legislação patentária derivada do acordo Trips, em 1996; a nova política de proteção intelectual provocou um aumento no número de patenteamento com vistas à garantia de propriedade, como também verificado em Caliari, Mazzoleni e Póvoa (2013).

Isso significa que o aumento do patenteamento deve ser visto sobre duas óticas: primeiro, sobre o incremento tecnológico derivado das maiores capacitações científicas dos pesquisadores e, segundo, pelas mudanças legislativas que fizeram com que se aumentasse o ímpeto de patenteamento com vistas à proteção de novos compostos químicos. Infelizmente, não há a possibilidade de separar esses dois efeitos pelas informações disponíveis. De qualquer forma, o aumento

29. Esse período não foi incluído nos gráficos, pois não há informações para os anos, apenas a soma geral para a década de 1990.

da capacitação científica parece ter um efeito positivo sobre a capacitação tecnológica, principalmente por se estar tratando de um setor com forte dependência entre ciência e tecnologia.

4.3 Equipamentos disponíveis

4.3.1 Valor médio estimado dos laboratórios analisados e valor dos equipamentos de pesquisa

A tabela 10 aponta os intervalos de valores das estruturas científicas em saúde, bem como o valor médio dos equipamentos em cada faixa de valor.

TABELA 10
Valor da infraestrutura e dos equipamentos de pesquisa

Valor estimado (Em R$)[1]	Infraestrutura (Quantidade)	(%)	Valor médio dos equipamentos (Em R$)[1]
Até R$ 500 mil	240	58,3	497.633,00
De R$ 500 mil a R$ 1 milhão	81	19,7	1.299.422,68
De R$ 1 milhão a R$ 3 milhões	52	12,6	1.332.264,75
De R$ 3 milhões a R$ 5 milhões	15	3,6	2.784.113,69
De R$ 5 milhões a R$ 10 milhões	12	2,9	4.629.001,22
De R$ 10 milhões a R$ 20 milhões	7	1,7	3.951.098,32
De R$ 20 milhões a R$ 30 milhões	3	0,7	6.777.458,24
De R$ 100 milhões a R$ 200 milhões	2	0,5	21.579.532,99
Total	**412**	**100**	**482.421.773,01**

Elaboração dos autores.
Nota: [1] Referente ao ano de 2013.

Se no tópico anterior uma das constatações observadas nos dados foi a necessidade de investimentos na contratação de novos recursos humanos, as informações apresentadas na tabela 10 evidenciam estruturas de pesquisa científica pequenas na sua maioria; 58,3% das estruturas tem valor médio dos equipamentos de pesquisa utilizados de até R$ 500 mil, e se forem considerados os valores até R$ 1 milhão, englobam-se 77,9% de todas as infraestruturas. Ainda, a soma dos valores médios dos equipamentos não ultrapassa R$ 500 milhões.

A tabela 10 também evidencia a presença de dois institutos grandes, com infraestrutura de pesquisa considerável. O modelo econométrico proposto no final deste trabalho verifica a relação entre o valor das infraestruturas e a capacitação relativa avaliada pelos responsáveis da base (apresentada na análise da tabela 16), visto que a escala é uma variável considerada relevante em grande parte da literatura da área.

4.3.2 Principais fontes de financiamento dos equipamentos disponíveis

Essas infraestruturas têm como fonte de financiamento majoritário a própria instituição onde estão locadas; 40,4% da renda anual desses laboratórios são disponibilizadas pelas instituições. A discussão sobre o tipo de vínculo dos pesquisadores usuários desses laboratórios evidenciou que a infraestrutura científica da saúde brasileira é majoritariamente formada por instituições públicas (visto que 58% dos pesquisadores são servidores públicos). Isso aponta que o financiamento para esses laboratórios, por dependerem em grande parte da instituição à qual pertencem, apresentam grande participação da esfera pública.

TABELA 11
Valor de financiamento da infraestrutura por entidade financiadora

Entidade financiadora	Infraestrutura (Quantidade)	Renda (Em R$)[1]	Contribuição (%)
Própria instituição	147	142.112.653,00	40,4
Fundo Estadual de Amparo	251	66.700.537,00	19,0
CNPq	243	41.251.837,00	11,7
Finep	46	26.775.746,00	7,6
Outra	30	16.732.217,00	4,8
Petrobrás	18	14.410.063,00	4,1
Outra instituição pública	22	13.513.343,00	3,8
Capes	138	12.302.758,00	3,5
Prestação de serviços	35	11.102.646,00	3,2
Empresa privada	33	6.467.197,00	1,8
Outra empresa pública	4	352.000,00	0,1
Total		**351.720.997,00**	**100**

Elaboração dos autores.
Nota: [1] Referente ao ano de 2013.

Tal constatação é ainda justificada pelas demais fontes de financiamento. Em ordem decrescente de importância, pode-se verificar que fontes privadas de renda (evidenciadas na tabela 11 apenas pelas rubricas *prestação de serviços*[30] e *empresa privada*) respondem por somente 5% dos financiamentos às infraestruturas científicas. Órgãos federais e estaduais de fomento às atividades científicas e tecnológicas (fundos de amparo estaduais, o CNPq e a Finep) são, após as próprias instituições, os principais financiadores dessa infraestrutura. Juntos, esses órgãos mais o financiamento interno correspondem a R$ 276,84 milhões financiados

30. Considere que essa rubrica ainda nem representa necessariamente a prestação de serviços apenas para empresas privadas.

(correspondendo a 78,7% do total). Se consideradas as outras instituições públicas não diretamente vinculadas ao fomento da pesquisa (Petrobrás, outra instituição pública, Capes, outra empresa pública) este montante chega a R$ 317,42 milhões (90,2% do total).

4.4 Atividades desenvolvidas

4.4.1 Principais atividades desenvolvidas pela infraestrutura

As principais atividades desenvolvidas nesses laboratórios são elencadas na tabela 12. Foram listadas e apresentadas aos respondentes as possibilidades de responderem sobre distintas intensidades de realização de atividades de pesquisa, de ensino, de desenvolvimento de tecnologias para o setor produtivo, de prestação de serviços e de atividades de extensão. Cabe lembrar que as respostas somadas em cada linha não correspondem à soma do número de infraestruturas da base de dados.[31]

TABELA 12
Intensidade de uso da infraestrutura por tipo de atividade

Intensidade de uso	Contínuo	Alguns dias da semana	Alguns dias do mês	Esporádico	**Total**
Atividade de pesquisa	368	22	8	2	**400**
Atividades de ensino	200	81	42	54	**377**
Desenvolvimento de tecnologia	112	27	31	81	**251**
Prestação de serviço	74	21	16	104	**215**
Atividade de extensão	24	13	14	118	**169**
Outra	18	5	4	3	**30**

Elaboração dos autores.

As respostas apontam que as infraestruturas apresentam a tendência de serem mais especializadas em atividades de pesquisa, com relevância de uso para atividades de ensino e, em menor monta, para o desenvolvimento de novas tecnologias.

Deve-se verificar nessa ordem hierárquica que as atividades de pesquisa, além de serem as que apresentaram maior intensidade de uso, possuem o menor número de respostas em intensidades menos contínuas (apenas 8% das respostas não foram sobre a rubrica *contínua*), e também o maior número de laboratórios respondentes (quatrocentas observações, ou seja, 97,08% do total de 412 laboratórios).

Atividades de ensino também obtiveram alta taxa de resposta, mas tal uso se apresenta com maior frequência como atividade secundária dos laboratórios, com

31. Isso pode acontecer porque alguns laboratórios não realizam a atividade perguntada, ou porque não foi respondido sobre aquele assunto (variável *missing*).

uso menos contínuo das instalações; 47% dos respondentes consideram utilizar as instalações para esse fim de maneira intermitente. A observação do uso para o desenvolvimento de novas tecnologias também apresenta menor intensidade de uso. Além de apenas 60,9% dos respondentes afirmarem utilizar as instalações dos laboratórios para esse fim, seu uso é, na maioria do tempo, também eventual: 55,3% dos respondentes admitem utilizar o laboratório para esse fim no máximo alguns dias da semana, com viés para a resposta *esporádico* (32,3%).

A prestação de serviços, que representa atividades pontuais menos complexas e com limitado fluxo de conhecimento entre as partes, é menos relevante na infraestrutura de saúde. Somente 34,4% da prestação de serviços acontece de forma contínua e quase metade acontece de forma esporádica (48,4%).

4.4.2 Prestação de serviços e número de infraestruturas acreditadas *versus* modalidade de acreditação

De acordo com a tabela 12, 52,2% das infraestruturas científicas da saúde (215 laboratórios) declararam prestar serviço a alguma instituição ou agente externo. Esse número já demonstra a baixa relevância da utilização dos laboratórios para essa atividade fim. Mas, ainda para corroborar esse resultado, pode-se verificar que 65,6% das infraestruturas realizam a prestação de serviços de maneira descontínua.

A observação dos clientes desses laboratórios apresenta certa diversidade de instituições e agentes que utilizaram os serviços. Das 412 infraestruturas, 25,2% declararam prestar serviços a empresas, 18,2% ao governo e 48,3% a demais pesquisadores.

Esse viés dos clientes, com maior relevância aos pares científicos no uso das instalações, associado ao maior uso dos laboratórios para atividades de pesquisa evidenciado no subtópico anterior, é corroborado pela análise da quantidade de infraestruturas acreditadas para distintos serviços, especificamente serviços de calibração, de ensaio e demais modalidades. Apenas 10% das infraestruturas científicas da saúde realizam algum tipo de acreditação para os serviços de ensaio (8%).

TABELA 13
Infraestruturas acreditadas por tipo

Tipo de acreditação	Infraestrutura acreditada	Total (%)
Calibração	7	1,7
Ensaio	37	9,0
Demais modalidades	23	5,6
Total	**41**	**10,0**

Elaboração dos autores.

Esses resultados somados parecem denotar um direcionamento específico do SSI Saúde brasileiro, no qual as infraestruturas se apresentam especificamente especializadas nas atividades de pesquisa e, mesmo quando declaram realizar alguma prestação de serviços, é feita principalmente para outros pesquisadores. É justamente esse viés de serviço que define a baixa relevância da necessidade das infraestruturas apresentarem acreditação nos distintos tipos considerados.

4.4.3 Detalhamento do número de infraestruturas que prestam diferentes tipos de serviços por público atendido pelo serviço (empresas, universidade, governo, outros, total)

O detalhamento dessas constatações pode ser verificado na tabela 14, na qual são elencados os diferentes tipos de serviços prestados pelas infraestruturas para os distintos usuários apresentados: governo, pesquisadores e empresas.

A tabela 14 é classificada em ordem decrescente do quantitativo de serviços prestados por tipo de serviço. No questionário, foi solicitado aos respondentes identificarem a presença ou ausência de prestação de serviços em dezoito distintas categorias, mas a tabela 14 aponta os serviços que somaram conjuntamente 90% dos serviços prestados (dez categorias), apesar da linha *total* apresentar a totalidade de respostas.

TABELA 14
Tipos de serviço técnico científico e público atendido

Tipo	Governo	Governo (%)	Pesquisadores	Pesquisadores (%)	Empresas	Empresas (%)	Total	Total (%)
Consultoria e assessoria técnico-científicas	49	34,5	90	18,9	51	18,8	190	17,6
Ensaios e testes	24	16,9	95	20,0	52	19,1	171	15,8
Exames laboratoriais	33	23,2	68	14,3	30	11,0	131	12,1
Análise de materiais	16	11,3	73	15,4	36	13,2	125	11,6
Desenvolvimento e aperfeiçoamento de processos	13	9,2	39	8,2	30	11,0	82	7,6
Desenvolvimento e aperfeiçoamento de produtos	10	7,0	36	7,6	32	11,8	78	7,2
Acesso a banco de células, microrganismos etc.	5	3,5	45	9,5	7	2,6	57	5,3
Informação tecnológica	10	7,0	28	5,9	17	6,3	55	5,1
Análise de propriedades físico-químicas	6	4,2	29	6,1	18	6,6	53	4,9
Elaboração e testes de protótipos	3	2,1	23	4,8	12	4,4	38	3,5
Total	**142**		**475**		**272**		**1079**	**100,0**

Elaboração dos autores.

Novamente, na verificação do público atendido, pode-se identificar a relevância da prestação de serviços para pares científicos pesquisadores, com 44% dos serviços prestados. Em relação aos tipos de serviços prestados, nota-se um viés para relacionamentos esporádicos de interação, com a prestação de serviços comerciais de consultoria e assessoria técnico científica, de ensaios e testes, exames laboratoriais e análises de materiais. Atividades de cunho tecnológico – desenvolvimento de tecnologia de produtos e processos – representaram apenas 14,8% das prestações de serviços desenvolvidas pelos laboratórios.

4.4.4 Atividades de cooperação desenvolvidas pelos laboratórios

As atividades de cooperação indicadas pelos respondentes ratificam as especificidades do SSI Saúde brasileiro, com o viés para atividades de pesquisa e baixa interação com o setor produtivo. As atividades de cooperação foram classificadas com relevância alta, média e baixa e a última coluna apresenta a porcentagem de laboratórios que apresentaram resposta em relação ao total da infraestrutura.

As atividades de cooperação são realizadas em sua maioria com agências de fomento à pesquisa nacionais (80,1%), instituições de pesquisa brasileiras (89,08%) e estrangeiras (66,99%), com ênfase de valores de relevância alta para as duas primeiras entidades. A cooperação com empresas brasileiras e estrangeiras é realizada por uma parcela pequena dos laboratórios e, mesmo assim, a maioria dos laboratórios (nos dois casos) indica a relevância baixa para esse tipo de cooperação.

TABELA 15
Atividades de cooperação

Atividade	Alto	Médio	Baixo	Total	Total de infraestrutura (%)
Cooperação com agências de fomento brasileiras	241	76	13	330	80,10
Cooperação com agências de fomento internacionais	44	43	69	156	37,86
Cooperação com empresas brasileiras	41	59	61	161	39,08
Cooperação com empresas estrangeiras	14	13	58	85	20,63
Cooperação com instituições brasileiras	214	133	20	367	89,08
Cooperação com instituições estrangeiras	124	92	60	276	66,99

Elaboração dos autores.

4.5 Situação atual

As tabelas 16, 17 e 18 sumarizam a situação atual dos laboratórios de saúde, em termos da capacidade técnica, período de modernização e condições de trabalho.

4.5.1 Avaliação dos coordenadores sobre a situação atual dos laboratórios

Na tabela 16, os coordenadores dos institutos de pesquisa avaliaram a capacidade técnica de suas infraestruturas em relação às estruturas no exterior e no Brasil. Esta avaliação teve como parâmetro o grau de compatibilidade com estruturas do gênero dentro e fora do país.

Apenas 10,9% dos coordenadores avaliaram seus laboratórios como avançados e compatíveis com infraestruturas semelhantes no exterior. Por sua vez, 22,3% dos coordenadores avaliaram seus laboratórios como avançados em relação aos padrões brasileiros, mas distante das melhores infraestruturas do gênero no exterior. A maior parte dos coordenadores (41,3%) avaliou a estrutura de seus laboratórios adequada e compatível com outras semelhantes no país, e 22,6% a avaliou como insuficiente em relação a outras do gênero no Brasil. Estas respostas indicam que os laboratórios da área de saúde, na sua maioria, estão capacitados para atender às necessidades de pesquisa brasileiras, mas podem estar defasados em relação às infraestruturas científicas internacionais.

TABELA 16
Avaliação da capacidade técnica

Avaliação	Infraestrutura (Quantidade)	Total (%)
Avançada e compatível com a observada nas melhores infraestruturas do gênero no exterior	45	10,9
Adequada e compatível com a observada em outras infraestruturas do gênero no Brasil	170	41,3
Avançada em relação aos padrões brasileiros, mas ainda distante da observada nas melhores infraestruturas do gênero no exterior	92	22,3
Insuficiente em relação à observada em outras infraestruturas do gênero no Brasil	93	22,6
Não sabe	12	2,9
Total	**412**	**100,0**

Elaboração dos autores.

4.5.2 Período em que foi feito o último investimento significativo nos laboratórios

A tabela 17 apresenta o período no qual foi feito o último investimento significativo nos laboratórios da área de saúde. Observa-se que 60% dos laboratórios realizaram investimentos recentes, entre 1 e 5 anos. Relembrando as informações apresentadas na tabela 11, foi permitido inferir que a maior parte dos recursos para a modernização provém de fontes públicas. Muitos destes recursos são disponibilizados por meio de editais, algo que certamente explica o elevado número de laboratórios com investimentos recentes. Por sua vez, 64 laboratórios (15,5%) realizaram investimentos entre 5 e 10 anos, e 44 (10,7%) entre 10 e 15 anos. Em 53 laboratórios não houve modernização nos últimos quinze anos, e esses laboratórios estão localizados em sua maioria na região Sudeste (36 infraestruturas).

As informações das tabelas 16 e 17 se complementam na medida em que laboratórios modernos dão suporte à capacidade técnica, permitindo realizar pesquisas mais próximas da fronteira científica. A relação entre a modernização e a capacidade técnica dos laboratórios será evidenciada no modelo econométrico proposto na próxima seção.

TABELA 17
Período de modernização

Período	Infraestrutura (quantidade)	Total (%)
Até 1 ano	103	25,0
Entre 1 e 5 anos	148	35,9
Entre 5 e 10 anos	64	15,5
Entre 10 e 15 anos	44	10,7
Não houve	53	12,9
Total	**412**	**100,0**

Elaboração dos autores.

4.5.3 Avaliação dos coordenadores sobre as condições de trabalho

Na tabela 18, os coordenadores avaliam as condições de trabalho dos laboratórios em relação aos insumos, equipamentos, manutenção e instalações físicas. Entre os itens mais bem avaliados pelos coordenadores estão os insumos: 87,2% avaliaram como muito bom e bom. Considerando que na categoria *insumos* são incluídos os insumos materiais e os insumos recursos humanos, essa informação é especialmente condizente com a resposta dada na tabela 8, sobre a qualidade satisfatória da formação dos profissionais atuantes na infraestrutura.

Em segundo lugar, está a manutenção, avaliada como boa e muito boa pelos coordenadores em um total de 73,3% das respostas. Mas, diferentemente dos insumos que tiveram semelhante avaliação muito boa e boa, a manutenção foi considerada muito boa apenas por 23,5%. Somente 10,0% dos coordenadores avaliaram os equipamentos como muito bons e 39,3% como bons, indicando que o esforço de modernização pode não estar vinculado à aquisição de equipamentos adequados às pesquisas. Por fim, as instalações físicas receberam as menores porcentagens de uma avaliação positiva: 4,6% responderam que elas são muito boas e 22,8% avaliaram como boas.

TABELA 18
Avaliação sobre condições de trabalho

Avaliação	Insumos	(%)	Equipamentos	(%)	Manutenção	(%)	Instalações físicas	(%)
Muito bom	182	44,2	41	10,0	97	23,5	19	4,6
Bom	177	43,0	162	39,3	205	49,8	94	22,8
Regular	35	8,5	146	35,4	89	21,6	179	43,4
Ruim	4	1,0	58	14,1	16	3,9	115	27,9
Não se aplica	14	3,4	5	1,2	5	1,2	5	1,2
Total	**412**	**100,0**	**412**	**100,0**	**412**	**100,0**	**412**	**100,0**

Elaboração dos autores.

4.5.4 Determinantes da capacitação técnica relativa

Neste tópico, é proposto um exercício econométrico como forma de verificar os determinantes da capacitação técnica relativa das infraestruturas científicas em saúde. A ideia é verificar se as modernizações implementadas recentemente explicam a percepção da capacitação das infraestruturas mais que a necessidade da escala das infraestruturas e a capacitação dos pesquisadores. A hipótese é de que a modernização em período recente tende a aumentar a probabilidade de uma infraestrutura ser avaliada como *avançada* ou *suficiente*, mas a escala do laboratório é o fator preponderante para essa classificação.

Na base de dados, as respostas dadas pelos responsáveis foram classificadas segundo a capacitação técnica relativa em cinco categorias distintas, como pôde ser verificado na análise da tabela 16. No modelo econométrico, porém, a opção adotada para a análise foi por um procedimento mais sintético, com o estabelecimento de três distintas categorias e a exclusão das respostas classificadas como *não sabe*, da seguinte forma.

1) *Capacitação técnica avançada*: comporta as infraestruturas classificadas como *avançada e compatível com a observada nas melhores infraestruturas do gênero no exterior* e *avançada em relação aos padrões brasileiros, mas ainda distante da observada nas melhores infraestruturas do gênero no exterior*.

2) *Capacitação técnica suficiente*: infraestruturas classificadas como *adequada e compatível com a observada em outras infraestruturas do gênero no Brasil*.

3) *Capacitação técnica insuficiente*: infraestruturas classificadas como *insuficiente em relação à observada em outras infraestruturas do gênero no Brasil*.

As três distintas categorias serão comparadas separadamente, de forma a gerarem dois modelos econométricos em que a variável dependente é de resposta binária (0 ou 1), da seguinte forma:

Modelo 1

Capacidade técnica *insuficiente*: resposta 0;

Capacidade técnica *avançada*: resposta 1.

Modelo 2

Capacidade técnica *insuficiente*: resposta 0;

Capacidade técnica *suficiente*: resposta 1.

Nos dois casos, o grupo de controle (grupo base) é o de *capacitação técnica insuficiente* (*dummy* = 0). Os dois modelos propostos serão analisados por meio das técnicas econométricas *logit* e *probit*. Explica-se o motivo dessa escolha.

Os testes de normalidade Shapiro-Wilk e Shapiro-Francia foram realizados na variável dependente dos dois modelos e ambos indicaram que tais variáveis seguiam uma distribuição normal, o que justifica proceder com a utilização do modelo *probit*. Apesar disso, muitos pesquisadores optam pela estimação utilizando o modelo *logit* pela facilidade na interpretação dos coeficientes. Ademais, justifica-se a possibilidade de se utilizar o *logit* pelo teorema do limite central, visto que em grandes amostras a distribuição logística (do modelo *logit*) se aproxima da distribuição normal.

Neste trabalho, para evitar quaisquer críticas sobre o método utilizado, optou-se pela estimação e apresentação dos resultados por meio das duas metodologias. As especificações algébricas das duas técnicas seguem a apresentação de Wooldridge (2002). As variáveis explicativas utilizadas nos dois modelos são as seguintes.

1) *Valor da infraestrutura:* tal variável foi estabelecida de maneira categórica no questionário, com infraestruturas presentes em oito classificações. Nesse modelo, utiliza-se uma definição mais limitadora, em duas categorias de valor: de R$ 0 a R$ 1 milhão (*dummy* = 0) e acima de R$ 1 milhão (*dummy* = 1). A classificação foi pouco restritiva com o objetivo de, ao mesmo tempo, capturar o efeito da escala na capacitação e permitir que exista uma quantidade satisfatória de observações para infraestruturas de maior escala.[32]

2) *Fator ciência e tecnologia*: primeiro fator obtido por meio do método de análise fatorial (AF)[33] para as variáveis relativas ao número de artigos,

32. Visto que aproximadamente 78% das infraestruturas têm valor entre R$ 0 e R$1 milhão.

33. Para mais informações sobre o método de análise fatorial, sugere-se a leitura de Mingoti (2005).

capítulos de livros, livros publicados e patentes depositadas pelos pesquisadores que utilizam a infraestrutura científica, segundo declaração dos próprios pesquisadores na base Lattes CNPq. O primeiro fator do método AF permitiu uma proporção acumulada de explicação de 75,72% da variabilidade das variáveis. Esse fator tem o intuito de verificar a importância da capacitação em ciência e tecnologia dos pesquisadores da infraestrutura na sua capacitação técnica relativa.

3) *Modernização:* variável qualitativa que indica por categorias quando foi realizada a última modernização na infraestrutura. As categorias são *até 1 ano*; *entre 1 e 5 anos*; *entre 5 e 10 anos*; *entre 10 e 15 anos*; e *não houve*. *Dummies* também foram estabelecidas para cada categoria, sendo a categoria *até 1 ano* a base na comparação.

De posse das informações, são apresentados (tabela 19) os resultados dos dois modelos econométricos propostos para as duas técnicas utilizadas. Optou-se aqui por apresentar as taxas de probabilidade (*odds-ratio*) associadas aos coeficientes do modelo *logit* pela praticidade de entendimento na análise da mesma.

TABELA 19
Modelos econométricos

Variável dependente: capacidade técnica autoavaliada. Grupo controle: capacidade técnica insuficiente
interação comparativa (*dummies)*
Valor infraestrutura: até R$1 milhão; modernização: até 1 ano

	Modelo 1 (Comparação com a categoria capacidade técnica avançada)			Modelo 2 (Comparação com a categoria capacidade técnica suficiente)		
	Coeficiente *logit*	*Odds-ratio logit*	Coeficiente *probit*	Coeficiente *logit*	*Odds-ratio logit*	Coeficiente *probit*
Valor da infraestrutura (Acima de R$1 milhão)	3,9904*	54.078*	2,2208*	2.9084*	18,327*	1.6044*
Fator ciência e tecnologia	0,1203	1.1278	0.0756	0.0282	1.028	0.0211
Modernização						
Entre 1 e 5 anos	-0,0534	0,994	-0.0321	-0.1349	0.873	-0.0839
Entre 5 e 10 anos	-0,4988	0.607	-0.3105	-0.5571	0.572	-0.3407
Entre 10 e 15 anos	-0,8078**	0.445**	-0.4994**	-1.0166**	0.362**	-0.6246**
Não houve	-2,0199*	0.133*	-1.2106*	-1.1661*	0.311*	-0.7374*
Constante	0.2997	1.350	0.1887	0.8958*	2.449*	0.5566*
Observações	230			263		
LR (qui-quadrado)	83,47		84,45	33,75		34,27
Prob > *qui-quadrado*	0.000		0.000	0.000		0.000
Pseudo-R^2	0,2689		0,2721	0.0988		0.1003

Elaboração dos autores.
Notas: * Significante a 1%.
** Significante a 5%.
*** Significante a 10%.

Todos os modelos se ajustam rapidamente pelo método de verossimilhança (oito interações) e o valor *qui-quadrado* da estatística de verossimilhança mostra a significância estatística de todas as regressões. Também em todos os casos os resultados alcançados pelos métodos *logit* e *probit* foram congruentes, tanto na significância quanto no sinal dos coeficientes.

Cabe uma discussão sobre a significância (ou a falta dela) de cada coeficiente analisado. A escala da infraestrutura (variável *valor da infraestrutura*) é tida no modelo como a principal definidora da diferenciação na resposta dos responsáveis das infraestruturas na sua capacitação técnica. Segundo o modelo 1, as infraestruturas com valor declarado acima de R$ 1 milhão aumentam a probabilidade de resposta de uma infraestrutura ter capacitação técnica *avançada*. Se considerarmos os resultados da taxa de probabilidade do modelo *logit* (*odds-ratio*), pode-se verificar que essas infraestruturas com escala maior aumentam em 54,07 vezes a possibilidade de uma infraestrutura ser avaliada como *avançada vis* à *vis* a classificação *insuficiente*.

Quando a comparação é feita entre capacitação técnica *insuficiente* e capacitação técnica *suficiente* – modelo 2 – o resultado é similar: o aumento de escala aumenta a probabilidade da infraestrutura ser avaliada como suficiente. Nesse caso, novamente analisando a *odds-ratio*, infraestruturas com escala maior aumentam em 18,32 vezes a possibilidade de uma infraestrutura ser avaliada como *suficiente vis* à *vis* a classificação *insuficiente*. O valor dos coeficientes do modelo 2 para essa variável são menores que os constatados no modelo 1, como já era de se esperar, o que ratifica a relevância da escala na melhoria da percepção dos respondentes quanto à capacitação das infraestruturas que eles coordenam.

Como a base de dados da pesquisa aponta que a maioria de infraestruturas científicas em saúde é de porte pequeno (aproximadamente 78% da base é composta de laboratórios com valores médios menores que R$ 1 milhão), o resultado parece sinalizar para a necessidade de incremento em escala dos laboratórios para o aumento da percepção da relevância de suas capacitações de pesquisa e desenvolvimento.

Destaque ainda deve ser dado à significância estatística das *dummies* relativas ao período de modernização mais antigo – 10 a 15 anos – e à ausência de modernização na infraestrutura. Tal significância indica que infraestruturas classificadas nessas duas categorias possuem menor probabilidade de serem classificadas como infraestruturas *avançadas* – modelo 1 – ou infraestruturas *suficientes* – modelo 2 – que as infraestruturas com períodos menores de modernização implementada (categorias *até 1 ano*, *de 1 a 5 anos* e *de 5 a 10 anos*).

Note-se, porém, que em uma comparação entre a magnitude dos coeficientes dessas *dummies* de modernização e do coeficiente da variável *valor da infraestrutura* a relevância da última na percepção da capacitação técnica da infraestrutura é maior (isso é claro na análise da *odds-ratio* do método *logit*, mas também é válido

na comparação dos coeficientes do método *probit*). Essa constatação não só aponta a importância e a necessidade das políticas públicas para o fomento da capacitação científica das infraestruturas de saúde por meio de sua modernização, mas mostra que, além da melhora na qualidade dos equipamentos e insumos, a modernização deve ser seguida de um incremento no tamanho e valor dessas infraestruturas, como forma de aumentar a probabilidade delas serem comparadas às melhores infraestruturas do gênero existentes no exterior.

Ainda não há significância estatística da variável que capta a capacitação científica e tecnológica dos pesquisadores que atuam nas infraestruturas. Esse resultado indica que a constatação da capacidade técnica da infraestrutura não está ligada aos resultados científicos e tecnológicos dos pesquisadores atuantes. Esse resultado já era esperado, pois conforme evidenciado na tabela 8, a formação e a qualificação dos profissionais atuantes nas infraestruturas foram majoritariamente destacadas como adequadas pelos responsáveis das infraestruturas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As comparações internacionais e a descrição do SSI Saúde brasileiro mostram que as universidades e os institutos de pesquisa apresentam papel especial no contexto científico e tecnológico. Quer seja no caso do Reino Unido, com uma participação especial do setor privado nos pilares da evolução do seu SSI Saúde, quer seja na Índia ou no Brasil, onde precisaram capitanear esforços públicos para promover o crescimento de seus sistemas de inovação na saúde. Destarte, pode-se depreender que a infraestrutura científica presente nas universidades e nos IPs são peças importantes na constituição de uma estratégia competitiva setorial.

Assim, além da comparação internacional e da apresentação do SSI Saúde do Brasil, este capítulo teve o intuito de quantificar e qualificar a infraestrutura científica em saúde brasileira por meio das informações levantadas na pesquisa de campo que permeia os estudos deste livro.

Os resultados apontam que a infraestrutura é muito recente, resultando, em grande parte, das políticas estabelecidas no governo Lula. Ou seja, a infraestrutura de P&D do SSI Saúde brasileiro tem apresentado um incremento quantitativo e qualitativo na década de 2000, além do aumento de capacitação de recursos humanos já a partir dos anos 1990. Como o resultado dessa evolução deve ser visto no longo prazo, isso significa que podem estar se estabelecendo novas possibilidades de inserção competitiva do SSI nacional.

Em relação ao número de infraestruturas, a maioria está localizada nos estados das regiões Sudeste e Sul, sendo liderado por São Paulo e Rio Grande do Sul, respectivamente. A concentração geográfica das infraestruturas de pesquisa em saúde decorre do também concentrado processo de industrialização e do dinamismo

do mercado consumidor. Conforme previsto, a maioria dos laboratórios atuam nas grandes áreas de ciências biológicas e da saúde, e a maioria dos laboratórios é multiusuário sendo abertos a pesquisadores externos. Por sua vez, os laboratórios das grandes áreas que têm maior participação no SSI Saúde são mais especializados – ou menos multidisciplinares –, atuando principalmente em suas principais áreas de pesquisa.

Os recursos humanos que atuam nos laboratórios do SSI Saúde, na média, são altamente qualificados (80% possuem doutorado), fazem parte do corpo permanente das instituições (68%) e dedicam mais de trinta horas por semana à infraestrutura (61%). A percepção dos responsáveis dos laboratórios é a de que a formação dos recursos humanos não é um problema, mas sim a quantidade de pesquisadores. Esta qualidade vem se refletindo em expressivo crescimento da produção científica e tecnológica (patentes) dos pesquisadores. Deve-se considerar, contudo, que a especialização científica nacional é principalmente em doenças tropicais (Chaves e Póvoa, 2010).

As estruturas são em sua grande maioria pequenas, com valor médio dos equipamentos inferior a R$ 500 mil. As principais fontes de financiamentos dos equipamentos são as próprias infraestruturas e instituições dos governos federal e estadual. Estas duas fontes, em conjunto, representam 90% do total dos recursos.

As principais atividades desenvolvidas pelas infraestruturas do SSI Saúde são pesquisa e ensino, tendo esta última menor relevância. O desenvolvimento tecnológico e a prestação de serviços acontecem de forma esporádica em apenas metade das infraestruturas. Ademais, cerca de 50% da prestação de serviços é para outros pesquisadores e 25% para as empresas. Esse viés de serviço define a baixa relevância da necessidade das infraestruturas apresentarem acreditação. Além disso, apesar de o aumento das interações universidade-empresa captadas na base de dados do CNPq (evidenciado no tópico 3.2.3), as informações desta pesquisa indicam que as cooperações estão mais ligadas a instituições de fomento e outras instituições de pesquisa que com empresas privadas brasileiras e estrangeiras.

Em relação à situação atual, as estatísticas descritivas apontam para a relevância das fontes públicas de financiamento para a pesquisa no SSI Saúde no Brasil. Essas instituições tendem a ter a maior parte do financiamento feito por recursos próprios (que, de maneira indireta, representam financiamento público) e por agências de fomento de pesquisa.

Por fim, os modelos econométricos apresentados na seção 4.6 apontam a importância e a necessidade das políticas públicas para o fomento da capacitação científica das infraestruturas de saúde por meio da modernização destas, o que corrobora a forte dependência de políticas públicas ativas para o fomento e capacitação do SSI Saúde do Brasil. Apesar disso, os resultados mostram que,

além de incrementar qualidade dos equipamentos e insumos, a modernização deve ser seguida de um incremento no tamanho e valor dessas infraestruturas, como forma de aumentar a probabilidade delas serem comparadas às melhores infraestruturas do gênero existentes no exterior.

Em suma, as conclusões extraídas apontam que a infraestrutura científica em saúde no Brasil tem elevado sua capacitação recentemente, mas ainda com escala pequena e com pouca conexão entre ciência e tecnologia, sido estabelecida predominantemente com o viés dos investimentos públicos. O grande desafio que se impõe a essa infraestrutura é a criação de competitividade internacional, algo que ainda não parece ser possível na atual conjuntura.

Pelos resultados apresentados, porém, pode-se depreender que o incremento da competitividade vai passar pelo ainda necessário aumento da formação de recursos humanos e da continuação de políticas públicas de fomento a P&D. De qualquer forma, os resultados alcançados na pesquisa e uma observação das políticas estratégicas do governo federal estabelecidas dentro do contexto do SSI Saúde nos últimos anos parecem ser congruentes em seus anseios. Há consonância nos instrumentos adotados, pois o governo tem praticado políticas industriais, científicas e tecnológicas de maneira conjunta. A esperança é que essa criação de capacitação aumente a competitividade nacional nos próximos anos.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, E. M.; CASSIOLATO, J. E. As especificidades de inovação do setor saúde. **Revista de Economia Política**, v. 22, n. 4 (88), out.-dez. 2002.

ALBUQUERQUE, E. *et al*. Atividades de patenteamento em São Paulo e no Brasil. *In*: **Indicadores de ciência, tecnologia e inovação em São Paulo**. São Paulo: Editora Fapesp, 2010. Disponível em: <http://goo.gl/4AMeDA>.

ATHREYE, S.; KALE, D.; RAMANI, S. V. Experimentation with strategy and the evolution of dynamic capability in the Indian Pharmaceutical Sector. **Industrial and Corporate Change**, v. 18, n. 4, p. 729-759, 2009.

BENCHIMOL, J. L.; TEIXEIRA, L. A. **Cobras, lagartos & outros bichos**: uma história comparada dos institutos Oswaldo Cruz e Butantan. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 1993.

BERMUDEZ, J. Generic drugs: an alternative for the Brazilian market. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 3, p. 368-378, jul.-set. 1994.

BRASIL. **Doutores 2010**: estudos da demografia da base técnico-científica brasileira. Brasília: CGEE, 2010.

_____. **Relatório da CPI dos medicamentos**. Brasília: Congresso Nacional, 2000.

BRASIL vai desenvolver 19 novos produtos de saúde. Ministério da Saúde: **Blog da Saúde**, Brasília, 11 dez. 2013. Disponível em: <http://goo.gl/dHFZxE>.

CADE – CONSELHO ADMINISTRATIVO DE DEFESA ECONÔMICA. Ato de Concentração nº 08012.001314/2007-87. Brasília: Cade, 2007a.

_____. Ato de Concentração nº 08012.009107/2007-71. Brasília: Cade, 2007b.

_____. Ato de Concentração nº 08012.006805/2008-03. Brasília: Cade, 2008.

_____. Ato de Concentração nº 08012.003189/2009-10. Brasília: Cade, 2009a.

_____. Ato de Concentração nº 08012.010437/2009-71. Brasília: Cade, 2009b.

_____. Ato de Concentração nº 08012.011801/2010-53. Brasília: Cade, 2010a.

_____. Ato de Concentração nº 08012.004436/2010-21. Brasília: Cade, 2010b.

_____. Ato de Concentração nº 08012.000107/2011-91. Brasília: Cade, 2011.

_____. Ato de concentração nº 08012.006121/2012-58. Brasília: Cade, 2012.

_____. Ato de concentração nº 08012.002467/2012-17. Brasília: Cade, 2013.

CALIARI, T.; RUIZ, R. M. Brazilian pharmaceutical industry and generic drugs policy: impacts on structure and innovation and recent developments. **Science & Public Policy**, v. 41, n. 2, p. 245-246, 2013.

CALIARI, T.; MAZZOLENI, R.; POVOA, L. M. C. Innovations in the Brazilian pharmaceutical industry in post-Trips. *In*: MANI, S.; NELSON, R. R. (Eds.). **Trips compliance, national patent regimes and innovation**. 1. ed. Northampton: Edward Elgar Pub, 2013. v. 1.

CAMARGO, E. P.; SANT'ANNA, O. A. Institutos de pesquisa em saúde. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 9, n. 2, p. 295-302, 2004.

CAPANEMA, L.; PALMEIRA FILHO, P.; PIERONI, J. P. Apoio do BNDES ao complexo industrial da saúde: a experiência do Profarma e seus desdobramentos. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 27, p. 3-20, 2008.

CHAUDHURI, S. Is the product patent necessary in developing countries for innovation? R&D by Indian pharmaceutical companies after Trips. *In*: NETANEL, N. W. **The development agenda**: global intellectual property and developing countries. Oxford: Oxford University Press, 2007.

CHAVES, C. V.; ALBUQUERQUE, E. M. Desconexão do sistema de inovação do setor saúde. **Economia Aplicada**, São Paulo, v. 10, n. 4, p. 523-539, out.-dez. 2006.

CHAVES, C. V.; PÓVOA, L. M. C. Caracterização da Rede de Ciência e Tecnologia do Brasil. **Relatório Fundos Setoriais 2**. Projeto Metodologia de Avaliação dos Resultados de Conjuntos de Projetos Apoiados por Fundos de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I). Convênio MCT/Finep/Ipea/UFMG, 2010. 60p.

CONSOLI, D.; MINA, A. An evolutionary perspective on health innovation systems. **Journal of Evolutionary Economics**, v. 19, n. 2, p. 297-319, 2009.

COOKSEY, D. **A review of UK health research funding**. HMSO, 2006. (Final Report, n. 636). Disponível em: <https://goo.gl/CTCmGP>.

CORLEY, T. A. B The British Pharmaceutical Industry Since 1851. **Discussion Papers in Economics**, University of Reading, 1999.

CRFSP – CONSELHO REGIONAL DE FARMÁCIA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **História da Farmácia**. São Paulo: CRFSP, 2014. Disponível em: <http://goo.gl/tC0AEe>.

EMS investe nos EUA e diversifica negócios. **Valor Econômico**, 2013. Disponível em: <http://goo.gl/NcwlV1>. Acesso em: 16 out. 2015.

ESTRATÉGIA de negócios dos laboratórios é revista. **Valor Econômico**, 2013. Disponível em: <http://goo.gl/3VSDFK>. Acesso em: 16 out. 2015.

FINK, C. How stronger patent protection in India might affect the behavior of transnational pharmaceutical industries. **World Bank Policy Research Working Paper**, n. 2352, maio 2000.

FIUZA, E. P. S.; LISBOA, M. B. **Bens credenciais e poder de mercado**: um estudo econométrico da indústria farmacêutica Brasileira. Rio de Janeiro: Ipea, 2001. (Texto para Discussão, n. 846).

FRANÇOSO, M. S.; STRACHMAN, E. A indústria farmacêutica no Brasil e na Índia: um estudo comparativo. **Revista de Economia da UFPR**, v. 39, n. 1, p. 91-112, jan.-abr. 2013.

FRANCK, R. G.; SALKEVER, D. S. Generic entry and the pricing of pharmaceuticals. **Journal of Economics & Management Strategy**, v. 6, n. 1, p. 75-90, 1997.

FRENKEL, J. **Estudo da competitividade de cadeias integradas no Brasil**: impactos das zonas de livre comércio na cadeia farmacêutica. Campinas, dez. 2002.

GADELHA, C.; MALDONADO, J. O papel da inovação na indústria farmacêutica: uma janela de oportunidade no âmbito do complexo industrial da saúde. *In*: BUSS, P; CARVALHEIRO, J.; CASAS, C. (Orgs.). **Medicamentos no Brasil**: inovação e acesso. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2008.

GELIJNS, A.; ROSENBERG, N. The changing nature of medical technology development. *In*: ROSENBERG, N.; GELIJNS, A.; DAWKINS, H. **Sources of medical technology**: universities and industry. (Medical innovation at the crossroads). Washington: National Academies, 1995. v. 5.

GRABOWSKI, H.; VERNON, J. Brand loyalty, entry and price competition in pharmaceutical after the 1984 drug act. **The Journal of Law and Economics**, v. 35, n. 2, p. 331-350, 1992.

GRACE, C. The effect of changing intellectual property on pharmaceutical industry prospects in India and china: consideration for access to medicines. **DFID Health Systems Resource Centre**, Londres, 2004.

HICKS, D.; KATZ, J. Hospitals: the hidden research system. **Science and Public Policy**, v. 23, n. 5, p. 297-304, 1996.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa industrial anual 2010 (PIA)**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

_____. **Cadastro central de empresas 2005**. Rio de Janeiro: IBGE, 2007.

KALE, D. The distinctive patterns of dynamics learning and inter-firm differences in the Indian pharmaceutical industry. **British Journal of Management**, v. 21, n. 1, p. 223-238, 2010.

KALORAMA. Outsourcing in drug development: The CRO market. **Kalorama Information**, v. II, Nova Iorque, 2008.

KIRAN, R.; MISHRA, S. Research and development, exports and patenting in the Indian pharmaceutical industry: a post trips analysis. **Eurasian Journal of Business and Economics**, v. 4, n. 7, p. 53-67, 2011.

KREMER, M. Pharmaceuticals and the developing world. **Journal of Economic Perspectives**, v. 16, n. 4, p. 67-90, 2002.

LEMOS, M. B. P. C. **Indústria farmacêutica, propriedade intelectual e acesso a medicamentos**: dilemas e perspectivas. 2008. Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2008.

LIEBENAU, J. The rise of the British pharmaceutical industry. **BMJ**, v. 301, n. 3, p. 724-733, out. 1990.

MCKELVEY, M.; ORSENIGO, L.; PAMMOLLI, F. Pharmaceuticals analyzed through the lens of a sectoral innovation system. *In*: MALERBA, F. **Sectoral systems of innovation**: concepts, issues and analyses of six major sectors in Europe. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.

MYTELKA, L. Pathways and policies to (bio) pharmaceutical innovation systems in developing countries. **Industry and Innovation**, Taylor & Francis Journals, v. 13, n. 4, p. 415-435, 2006.

NICOLSKY, R. **Tecnologia e aceleração do crescimento**. 2014. Mimeografado. Disponível em: <http://goo.gl/Wbebs1>.

ONS – OFFICE FOR NATIONAL STATISTICS. **Business Research & Development in the UK**. Disponível em: <http://ons.gov.uk/ons/taxonomy/index.html?nscl=Research+and+Development+in+Business.>.

OLIVEIRA, N. Inovação e produção na química fina. **Química Nova**, v. 28, 2005.

PALMEIRA FILHO, P. L.; PAN, S. S. K. Cadeia farmacêutica no Brasil: avaliação preliminar e perspectivas. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 18, p. 3-22, set. 2003.

PARAJE, G.; SADANA, R.; KARAM, G. Increasing international gaps in health-related publications. **Science**, v. 308, n. 5.724, p. 959-960, 2005.

PARANHOS, J. **Interação entre empresas e instituições de ciência e tecnologia**: o caso do sistema farmacêutico de inovação brasileiro. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2012.

PARANHOS, J.; HASENCLEVER, L. O sistema farmacêutico de inovação e o relacionamento empresa-universidade no setor farmacêutico do Estado do Rio de Janeiro. **Cadernos do Desenvolvimento Fluminense**, n. 2, p. 1-23, 2013.

PAVITT, K. Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. **Research Policy**, v. 13, n. 6, p. 343-373, 1984.

PIERONI, J. P. **BNDES e a atuação no complexo industrial da saúde**. Britcham: políticas públicas e desenvolvimento industrial do setor de saúde. São Paulo, nov. 2012. Disponível em: <http://goo.gl/wnFgFK>.

PRÓ-GENÉRICOS. **Informações de mercado**. 2013. Disponível em: <http://goo.gl/wltIV2>.

QUEIROZ, S.; GONZÁLES, A. J. V. Mudanças recentes na estrutura produtiva da indústria farmacêutica. *In*: NEGRI, B.; GIOVANNI, G. (Eds.). **Brasil**: radiografia da saúde. Campinas: Instituto de Economia/Unicamp, 2001.

RADAELLI, V. **A inovação na indústria farmacêutica**: forças centrípetas e forças centrífugas no processo de internacionalização. 2006. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de Campinas, Campinas, 2006.

RADAELLI, V.; PARANHOS, J. Caracterização da trajetória de desenvolvimento da indústria farmacêutica na Índia: elementos para aprendizado. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, v. 18, n. 36, p. 9-32, jan.-jun. 2013.

RAY, A. S. Aprendizagem e inovação na indústria farmacêutica indiana: o papel da IFI e outras intervenções políticas. **RECIIS**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 2, p. 74-80, jul.-dez. 2008.

RIBEIRO, M. A. R. Saúde pública e as empresas químico-farmacêuticas. **História, Ciências, Saúde** – Manguinhos, v. 7, n. 3, p. 607-626, nov. 2000 fev. 2001.

ROMANO, L.; SILVA, M.; AZEVEDO, P. **Análise de desempenho econômico--financeiro do setor farmacêutico no Brasil**: 1998 a 2003. São Paulo: Febrafarma; 2005.

RUIZ, R. M. *et al*. O complexo industrial da saúde. *In*: DE NEGRI, J. A.; LEMOS, M. B. (Orgs.). **O núcleo tecnológico da indústria brasileira**. Brasília: Ipea, 2011. v. 2.

SINDUSFARMA – SINDICATO DA INDÚSTRIA DE PRODUTOS FARMACÊUTICOS NO ESTADO DE SÃO PAULO. **Sindusfarma** – 7 Décadas. São Paulo: Sindusfarma, 2014. Disponível em: <http://goo.gl/1ZmRtM>.

SUZIGAN, W.; ALBUQUERQUE, E. M. **A interação entre universidades e empresas em perspectiva histórica no Brasil**. Belo Horizonte: Cedeplar, 2008. (Texto para Discussão, n. 329).

VIEIRA, F. S.; ZUCCHI, P. Diferenças de preços entre medicamentos genéricos e de referência no Brasil. **Revista Saúde Pública**, v. 40, n. 3, p. 444-449, 2006.

WOOLDRIDGE, J. M. **Econometric analysis of cross section and panel data**. Cambridge: MIT Press, 2002.

CAPÍTULO 4

SISTEMA DE INOVAÇÃO NO SETOR AERONÁUTICO: DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA O BRASIL

Zil Miranda[1,2]

1 INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho é identificar os principais pilares que sustentam o sistema de inovação no setor aeronáutico brasileiro e discutir suas limitações e potencialidades. Tendo como referência o levantamento de informações sobre a infraestrutura científica e tecnológica disponível no país, realizado a partir de uma articulação entre o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) e o Ipea, nossas preocupações se voltam para as instituições que fazem parte desse sistema, dado o papel-chave que desempenham na sustentação da produtividade e competitividade da Embraer, empresa líder desse segmento no país.

A indústria aeronáutica é considerada um ativo estratégico exatamente por gerar e se apoiar em uma engenharia altamente qualificada, base essencial de todo processo de desenvolvimento tecnológico e de inovação. Ao mesmo tempo, por sua natureza, essa indústria é obrigada a atuar permanentemente na fronteira tecnológica, seja para absorver, criar ou demandar inovações em um amplo espectro de equipamentos e produtos. Não por acaso, são poucos os países em todo o mundo que ousaram desenvolver e controlar essa indústria. O Brasil, até recentemente (início dos anos 2000), ocupava posição diferenciada entre os países emergentes, por conta da Embraer e de seu entorno.

O impacto nos mercados interno e externo dessa indústria – por exemplo, em termos de geração de empregos qualificados e exportações – tem servido como justificativa para os mais distintos governos desenvolverem um verdadeiro arsenal de programas e políticas públicas de apoio, direto ou indireto, concedido às empresas desse setor, tais como compras governamentais, financiamento subsidiado e subvenções de vários tipos que se mesclam a uma malha de incentivos às atividades

1. Assessora da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI).

2. Agradeço a Glauco Arbix a leitura cuidadosa e as sugestões enviadas; a Evando Mirra, Vitor Coutinho, Igor Bueno e Sérgio Franscino, cujas observações e informações compartilhadas também ajudaram a enriquecer o trabalho; e aos pareceristas, que fizeram diversos comentários para a melhoria do texto. Eventuais erros que persistam neste documento são de responsabilidade desta autora.

de pesquisa e desenvolvimento (P&D), no setor público e no privado. Nesse cenário, universidades e centros de pesquisa assumem um papel de destaque, tanto em termos de formação de pessoal qualificado para a indústria, quanto no desenvolvimento de pesquisas e de avanços efetivos para a construção e manutenção de aeronaves, peças, componentes e sistemas de controle.

Selecionamos dois casos emblemáticos da indústria mundial (Estados Unidos e Canadá) como referência para situar o caso brasileiro. A indústria estadunidense, por se destacar como a mais integrada e completa, e a canadense, na condição de concorrente direta da Embraer. A identificação de algumas dimensões-chave do sistema de inovação que sustentam a competitividade da indústria aeronáutica nesses dois países serve de guia para a discussão das fragilidades, virtudes, potencialidades e perspectivas da situação brasileira no setor.

Este estudo está organizado do seguinte modo: *i)* introdução; *ii)* caracterização do mercado aeronáutico e indicação de algumas tendências do setor; *iii)* apresentação das principais características do sistema de inovação no setor aeronáutico dos Estados Unidos e do Canadá; *iv)* exposição das principais características do sistema de inovação no setor aeronáutico do Brasil; e *v)* considerações finais.

2 O MERCADO AERONÁUTICO E ALGUMAS TENDÊNCIAS PARA O SETOR

2.1 O mercado aeronáutico global

O mercado aeronáutico no mundo é dominado por poucas empresas. Na aviação civil, destacam-se quatro grandes *players*: os Estados Unidos, com a Boeing; países europeus, com a Airbus; o Canadá, com a Bombardier; e o Brasil, com a Embraer. Os dois primeiros rivalizam no segmento de grandes aeronaves (acima de 120 passageiros), enquanto os dois últimos disputam palmo a palmo o segmento de menor porte dos jatos regionais (aviões com até 120 assentos). Já o mercado de defesa, embora mais diversificado, também tem nos Estados Unidos e na Europa os maiores conglomerados dessa indústria.[3]

Uma breve caracterização da dinâmica do mercado aeronáutico global, considerando as cem maiores empresas do setor aeroespacial e defesa,[4] revela uma indústria com US$ 719 bilhões de receita e lucro operacional de US$ 66 bilhões, em 2013, respectivamente, 4% e 10% acima dos volumes alcançados no ano anterior,

3. No que tange aos fornecedores, a dispersão é um pouco maior, posto que as empresas atuam ancoradas em uma rede global, organizada por níveis de complexidade. Mas também neste caso os produtos com maior conteúdo tecnológico, como as turbinas, são fabricados por um número restrito de empresas, em geral de países mais desenvolvidos.

4. Embora o foco deste estudo seja o setor aeronáutico, as estatísticas internacionais costumam apresentar os dados para a indústria aeronáutica e espacial agregados, o que demonstra o alto grau de integração desses setores.

segundo estimativas da *PricewaterhouseCoopers* (PwC, 2014).[5] Diferentemente do que se observou no mercado de defesa,[6] o segmento comercial manteve-se em alta e puxou os resultados positivos registrados. Somente os pedidos por grandes aeronaves atingiram o número recorde de 2.858 unidades em 2013, ficando pelo terceiro ano consecutivo acima das 2 mil encomendas. As empresas Airbus e Boeing dividem esse mercado, com vantagem para a empresa europeia, que há mais de uma década alcança recordes de produção e detém a maior carteira de pedidos de aeronaves nesse segmento.[7]

Um estudo de 2013 da Boeing confirma a curva ascendente que experimenta o segmento da aviação comercial, e destaca como um dos fatores importantes desse dinamismo, o crescimento das economias emergentes, sobretudo na Ásia e no Oriente Médio. Suas projeções apontam ainda para um cenário favorável no longo prazo, com taxas de crescimento médio do setor em torno de 5% ao ano (a.a.) até 2032. Nos próximos vinte anos, o estudo estima a entrada em circulação de aproximadamente 35 mil novas aeronaves de passageiros e cargueiros, um mercado avaliado em mais de US$ 4,5 trilhões.[8]

A tabela 1 apresenta projeções otimistas para todos os tamanhos de aeronaves, inclusive para os jatos regionais produzidos pelo Brasil, cuja demanda futura é estimada em cerca de US$ 80 bilhões. Por esse levantamento, a indústria brasileira tem no horizonte um mercado crescente, com forte demanda por seus produtos e serviços. Sua competitividade, porém, estará sendo testada permanentemente, uma vez que, além dos rápidos avanços tecnológicos, terá de equacionar as novas restrições ambientais e energéticas em um ambiente de concorrência cada vez mais acirrada, principalmente com a entrada de novos fabricantes baseados na China, no Japão e, eventualmente, na Rússia.

5. O mercado global da indústria aeroespacial e de defesa teria movimentado um total de US$ 1,1 trilhão em 2013, 67% desse valor referente ao mercado militar – segundo informações do Datamonitor (2014).

6. Sofreu de modo peculiar os efeitos da crise econômica mundial, com diminuição expressiva dos investimentos dos Estados Unidos, cujo orçamento representa cerca de 50% do dispêndio mundial (PwC, 2014).

7. Em dezembro de 2013, a Airbus acumulava US$ 809 bilhões em pedidos, e a Boeing, US$ 374 bilhões. Foi o maior volume já registrado por ambas as companhias (PwC, 2014).

8. É importante enfatizar que, para além do aumento no número de passageiros, especialmente nos mercados emergentes, a ampliação da demanda por novas aeronaves também é motivada pelas melhorias que vêm sendo realizadas nos equipamentos, como a maior eficiência energética dos motores, e cujo impacto no desempenho econômico e financeiro das companhias aéreas é bastante significativo. Sob esse aspecto, vale registrar que os novos modelos prometem uma economia de combustível de pelo menos 70% em 2025, quando nas últimas cinco décadas os motores aeronáuticos conseguiram melhorar a *performance* em torno de 49% (ou 1% a.a.). Ou seja, se as projeções se concretizarem, haverá um grande avanço na próxima geração de aeronaves (PwC, 2014).

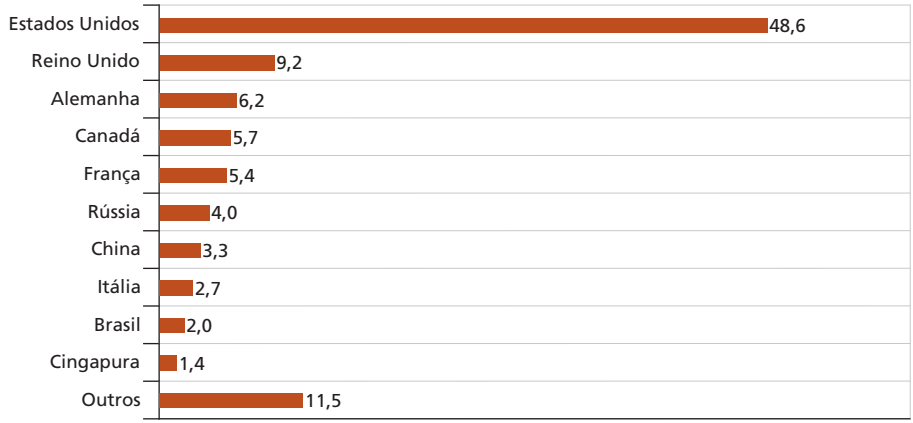
TABELA 1
Demanda por aeronaves até 2032

Tamanho	Aeronaves em operação (2012)	Demanda por aeronaves (2032)	Novas aeronaves (2032)	Valor (US$ bilhões)
Grande porte	780	910	760	280
Médio porte	1.520	3.610	3.310	1.090
Pequeno porte	2.310	5.410	4.530	1.100
Corredor único	13.040	29.130	24.670	2.290
Jatos regionais	2.660	2.180	2.020	80
Total	**20.310**	**41.240**	**35.280**	**4.840**

Fonte: Boeing (2013).

Nessa perspectiva, é essencial que a indústria brasileira eleve o patamar de sua competitividade, condição para aproveitar a janela de oportunidades vislumbrada para o próximo período. A ampliação da participação do Brasil no mercado aeronáutico global exigirá esforços redobrados para uma indústria que opera em desvantagem nas modalidades de apoio que recebe (ABDI, 2014), e que está obrigada a enfrentar concorrentes de porte concentrados nas economias avançadas, como mostra o gráfico 1.

GRÁFICO 1
Participação dos países no mercado aeronáutico global (2010)
(Em %)



Fonte: PwC (2012).

Como se vê, o Brasil aparece entre os dez primeiros colocados nesse *ranking* mundial de 2010, mas com uma participação ainda tímida, de 2%. Os Estados Unidos continuam desempenhando, de longe, o papel principal na indústria aeronáutica global, com cerca de 50% do mercado, seguidos pelos países europeus.

Esses números refletem a existência de empresas de ponta nos países líderes, que contam com modalidades diversas de incentivo, com engenharia sofisticada, capacidade de manufatura, com sinergia com os centros produtores de tecnologia em vários campos de conhecimento, com infraestrutura de pesquisa avançada e forte apoio do Estado.

Com efeito, como o foco deste trabalho reside nos sistemas de inovação, é importante apresentar como se estruturam os mecanismos de geração tecnológica que dão suporte a essa indústria, como buscaremos fazer mais adiante tomando como referência os Estados Unidos e o Canadá. Dessa maneira, será possível contribuir para um debate no Brasil orientado a identificar deficiências e gargalos passíveis de serem superados por um conjunto de políticas públicas em articulação estreita com o setor privado, de modo a elevar a competitividade do setor na cena internacional. Antes de passarmos a esse debate, vejamos algumas tendências que vêm emergindo no setor, sobretudo nos Estados Unidos, e que deverão nortear tanto as atividades de pesquisa futuras como a forma como se organizam os sistemas de inovação.

2.2 Tendências da indústria aeronáutica e a importância das iniciativas de apoio à geração e difusão de tecnologias e conhecimento

Três gigantes da indústria aeronáutica norte-americana – Lockheed Martin, Northrop Grumman e Boeing –, com especial apoio de agências públicas, se preparam aceleradamente para projetar e fabricar uma nova geração de aviões previstos para serem apresentados em 2025 (Nasa, 2011). Os parâmetros atualmente em debate pelos órgãos reguladores dos Estados Unidos representam enormes desafios para a indústria. Destacam a necessidade premente de aprofundamento da articulação das empresas com grandes centros de pesquisa, a promoção de mudanças de qualidade na formação e competência de um novo estrato de engenheiros e técnicos, e as alterações profundas na readequação da infraestrutura de P&D.

A produção de novos aviões com sensível diminuição do uso de combustíveis, com redução drástica do nível de ruído e de emissão de poluentes, associada a padrões estritos de segurança e conforto, indicam uma verdadeira reviravolta na maneira de se conceber, produzir e utilizar uma aeronave. Os novos indicadores apresentados pela Environmentally Responsible Aviation/National Aeronautics and Space Administration (ERA Project/Nasa) sugerem alterações radicais para viabilizar, entre outras: *i)* redução de 71 decibéis abaixo da norma atual de ruído, o que fará com que o ruído de um avião decolando ou pousando não possa ir além dos limites do aeroporto; *ii)* diminuição de 75% em relação ao padrão atual para as emissões de óxidos de nitrogênio, de modo a melhorar a qualidade do ar em torno dos aeroportos e reduzir impactos no meio ambiente; e *iii)* queda de 70%

no consumo de combustível, capaz de reduzir a emissão de gases que interferem no efeito estufa e o custo das viagens aéreas (Nickol, [s.d.]).[9]

Todo um arsenal de tecnologias radicais e incrementais, novas ou adaptadas, já está sendo mobilizado para viabilizar a concretização dessa nova geração de aviões. Nos Estados Unidos, a busca por simuladores e turbinas de alto desempenho; materiais inteligentes; compósitos; *softwares*; uso de recursos da lógica difusa para controle de processos industriais; sistemas de automação e de gerenciamento de tráfego; e por otimização de recursos técnicos para viabilizar o *short take-off and landing* (decolagem e pouso em aeroportos menores), além de exigir alto investimento, requer mudanças estruturais na rede de produção de conhecimento novo e nos processos de manufatura avançada.

Em outras palavras, o sistema de inovação dos Estados Unidos vinculado ao complexo aeronáutico é atualmente alvo de intensa pressão por mudanças, uma vez que a competitividade do setor guarda relação estreita com sua capacidade de gerar resultados concretos para a manutenção dessa indústria na liderança mundial.

Nesse sentido, a rede de instituições públicas e privadas – com suas empresas, centros de ensino de pesquisa, organizações estatais, agências reguladoras e um conjunto de leis, regras e normas – que interfere, direta ou indiretamente, na atividade inovadora nos Estados Unidos, procura hoje se reinventar para dar conta dos desafios já vislumbrados.[10]

A literatura especializada apoia transformações desse porte, uma vez que a diversificação do tecido industrial e a construção de novas vantagens competitivas indicam que o suporte às atividades de P&D, o estímulo à criação de novas competências e à geração de conhecimento são fatores decisivos para a elevação da competitividade das empresas (Fagerberg e Godinho, 2006). Nos termos de Mazzoleni e Nelson (2007), o foco no desenvolvimento endógeno de novas competências e na geração de inovações tecnológicas é parte constitutiva da infraestrutura institucional necessária à elevação da competitividade, seja para a ampliação da fronteira do conhecimento, seja para os processos de *catching up*,[11] em geral mais presentes em países emergentes como o Brasil.

---

9. Os esforços do Canadá, com o Greener Aircraft Catalyst Project, assim como o Programa Clean Sky, da Comunidade Europeia, caminham na mesma direção. Mais informações sobre os respectivos projetos podem ser obtidas em: <http://goo.gl/9iNvaq>; e <http://www.cleansky.eu/>. No caso do programa estadunidense, ver <http://goo.gl/M4iApF>.

10. A série de programas em andamento sinalizam esse dinamismo, como o Next Generation Air Transportation System (NextGen), cuja proposta é transformar o sistema de tráfego aéreo dos Estados Unidos, articulando-se, para tanto, com instituições como a Federal Aviation Administration (FAA), o Massachusetts Institute of Technology (MIT), e a Nasa, além de empresas e associações.

11. Nesse contexto, pode ser entendido como o processo de redução (e mesmo de superação) do atraso ou da distância tecnológica entre países.

Com efeito, a indústria aeronáutica, além de contar tradicionalmente com o suporte direto de seus governos nacionais, dada sua dependência tecnológica em diferentes campos do conhecimento, ainda se beneficia de modalidades de apoio cruzado, que não são facilmente identificáveis, como, por exemplo, as encomendas tecnológicas praticadas intensamente no setor espacial e que geram transbordamentos relevantes para todo o complexo aeronáutico. Em que pesem as dificuldades para um mapeamento exaustivo das iniciativas que sustentam o setor, especialistas há tempos reconhecem a influência das políticas públicas nos processos de inovação tecnológica dessa indústria. Apenas para ilustrar, Mowery e Rosemberg (1983) registraram a ampla utilização de instrumentos de apoio de Estado entre os países fabricantes, em geral justificada: *i)* pela necessidade de investir na segurança e soberania nacional; *ii)* pela qualidade dos empregos gerados; *iii)* pelo potencial de desenvolvimento tecnológico; e *iv)* pelo alto volume de dispêndios em P&D, dificilmente alcançável sem o compartilhamento dos riscos e custos com o setor público.

Em síntese, dada a alta complexidade, os elevados gastos em P&D e o elevado risco de suas operações, o setor aeronáutico é marcado em todo o mundo por um número pequeno de grandes empresas,[12] todas intensivas em engenharia, e beneficiárias, como regra, de vigoroso apoio governamental. Trata-se também de uma indústria intensa e extensivamente regulamentada e dependente de rigorosos processos de certificação, assim como de políticas de energia, ambiental e de segurança. Outra característica distintiva dessa indústria é a sua atuação em mercados voláteis e de alta instabilidade, uma vez que o ritmo global da economia e a dinâmica das economias nacionais interferem no desempenho da indústria, a começar pelo número de passageiros e viagens aéreas, assim como pela saúde das empresas de logística e de transporte aéreo, com impactos diretos e indiretos sobre o investimento, o planejamento e a produção efetiva do setor.[13]

Essa malha interdependente de condicionantes ajuda a entender por que um século após o desenvolvimento das primeiras aeronaves ainda permanece baixo o número de países que dominam a arte de projetar, fabricar e comercializar aviões.

Nas páginas seguintes, as atenções são voltadas para os casos dos Estados Unidos e do Canadá, em virtude de sua importância na cena industrial e da concorrência direta com o Brasil na aviação comercial. A ideia é oferecer um panorama de como se organiza o sistema de inovação nesses países, em termos das principais empresas, instituições e programas que sustentam o setor aeronáutico, no intuito de extrair lições para o caso brasileiro.

12. As chamadas *fabricantes originais de equipamentos* (OEM, na sigla em inglês), como a Embraer.

13. De acordo com a associação das companhias áreas (International Air Transport Association – Iata), a crise internacional de 2008, por exemplo, acarretou uma queda da ordem de US$ 82 bilhões na receita das empresas. No Brasil, os efeitos da crise no setor foram manifestados pela Embraer, que, em 2009, demitiu aproximadamente 4 mil funcionários.

3 SISTEMA DE INOVAÇÃO NO SETOR AERONÁUTICO: COMPARAÇÕES INTERNACIONAIS

3.1 O caso dos Estados Unidos

A indústria aeronáutica desenvolveu-se na primeira década do século XX na Europa – particularmente na França, Alemanha e Inglaterra – e nos Estados Unidos. As encomendas militares durante a Segunda Guerra Mundial foram poderosa alavanca para a indústria norte-americana, que assumiu a liderança global desse mercado, com um robusto conglomerado de empresas, com destaque para a Boeing, que se construiu como o maior grupo mundial do setor: sua receita atual é de US$ 86,6 bilhões, seguida pela Lockheed Martin, referência no segmento de defesa, com US$ 45,4 bilhões.

TABELA 2
Receita das vinte maiores empresas do setor aeroespacial e de defesa (2013)

Empresa	Sede	Receita (US$ milhões)	Empresa	Sede	Receita (US$ milhões)
Boeing	Estados Unidos	86.623	Finmeccanica	Itália	21.292
Airbus	França	78.692	Safran	França	19.243
Lockheed Martin	Estados Unidos	45.358	Thales	França	18.850
United Technologies	Estados Unidos	33.192	L-3 Communications	Estados Unidos	12.629
General Dynamics	Estados Unidos	31.218	Textron	Estados Unidos	12.104
BAE Systems	Inglaterra	26.380	Honeywell Aerospace	Estados Unidos	11.980
Northrop Grumman	Estados Unidos	24.661	Bombardier Aerospace[1]	Canadá	9.385
Rolls Royce	Inglaterra	24.255	Precision Castparts Corp[1]	Estados Unidos	8.378
Raytheon	Estados Unidos	23.706	Huntington Ingalls	Estados Unidos	6.280
GE Aviation	Estados Unidos	21.911	Embraer	Brasil	6.235

Fonte: Adaptado de Delloite (2014).
Nota: [1] Projeções.

Como se observa na tabela 2, é claro o domínio dos Estados Unidos no complexo aeroespacial e de defesa: das vinte empresas líderes mundiais, doze são estadunidenses. Trata-se de uma indústria altamente diversificada e integrada, que produz aviões comerciais e militares, helicópteros, turbinas, foguetes, mísseis, radares, satélites, equipamentos e sistemas de defesa, equipamentos eletrônicos de bordo e espaciais, veículos aéreos não tripulados, componentes avançados, além de prestar serviços de manutenção e reparos ao transporte aéreo. Seis estados norte-americanos concentram as atividades dessa indústria: Washington, Califórnia, Texas, Kansas, Connecticut e Ohio. Aglomerações menores podem ser encontradas também na Flórida, Georgia, Missouri e Alabama, enquanto no estado da Carolina do Sul está surgindo um novo polo, a partir de uma linha de produção da Boeing.

A tabela 3 apresenta as vinte empresas do setor aeroespacial norte-americano com melhor desempenho financeiro em 2013.

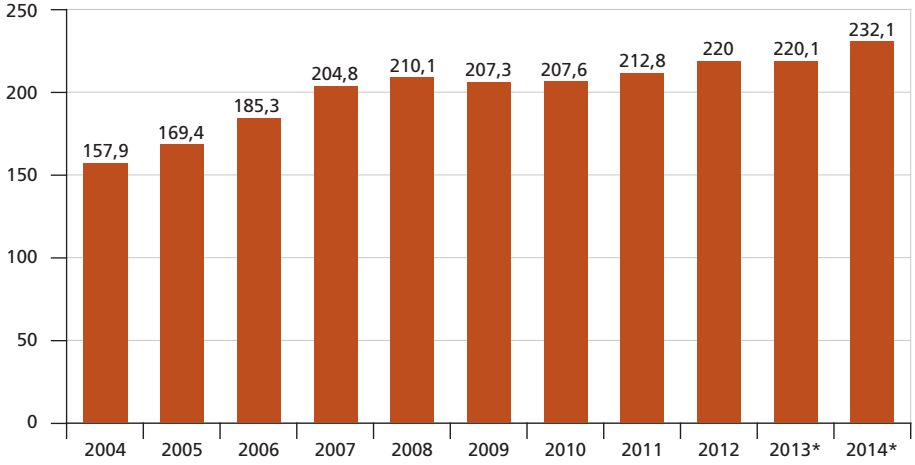
TABELA 3
Vinte empresas norte-americanas do setor aeroespacial com melhor desempenho financeiro – 2013

Empresa	Indústria/setor	Receita (US$ milhões)	Pessoal ocupado	Gastos em P&D (US$ milhões)	P&D/Receita (%)
Alcoa, Inc.	Metais	23.032	60.000	192	0,8
Alliant Techsystems	Aeroestruturas	4.362	14.000	65	1,5
B/E Aerospace	Interior dos aviões	3.484	10.285	221	6,3
Boeing Co.	OEM	86.623	168.400	3.071	3,5
General Dynamics	OEM	31.218	96.000	310	1,0
General Eletric Co.	Motores aeronáuticos	112.158	307.000	4.700	4,2
Harris Corpo	Sistemas de comunicação	5.112	14.000	254	5,0
Honeywell	Controle de voo	39.055	131.000	1.804	4,6
ITT Excelis	Sistemas C41SR	4.816	17.200	54	1,1
L-3 Communications	Sistemas de comunicação	12.629	48.000	258	2,0
Lockheed Martin	OEM	45.358	115.000	697	1,5
Northrop Grumman	OEM	24.661	65.300	507	2,1
Parker Hannifin	Controle de voo	13.016	58.150	266	2,0
Precision Castparts	Metais	8.378	28.500	–	–
Raytheon Co.	Munições/mísseis	23.706	63.000	465	2,0
Rockwell Collins	Aviônicos	4.610	18.300	295	6,4
Spirit AeroSystems	Aeroestruturas	5.961	15.463	35	0,6
Textron Inca.	OEM	12.104	32.000	651	5,4
TransDigm Group	Controle de voo	1.924	6.100	32	1,7
United Technologies	OEM	62.626	212.000	2.529	4,0

Fonte: AeroWeb.

Conforme a tabela 3, a indústria aeroespacial contribui consideravelmente para a economia norte-americana, seja em termos de receita, pessoal ocupado ou em gastos com P&D. Em 2013, o faturamento do setor foi de US$ 220,1 bilhões, um pouco abaixo do montante alcançado em 2012, por conta da redução no orçamento militar que restringiu as compras do setor. A despeito dessa queda, se observada a dinâmica dos últimos anos, vê-se uma trajetória positiva, com crescimento de 45% nas vendas de 2012 em relação a 2004.

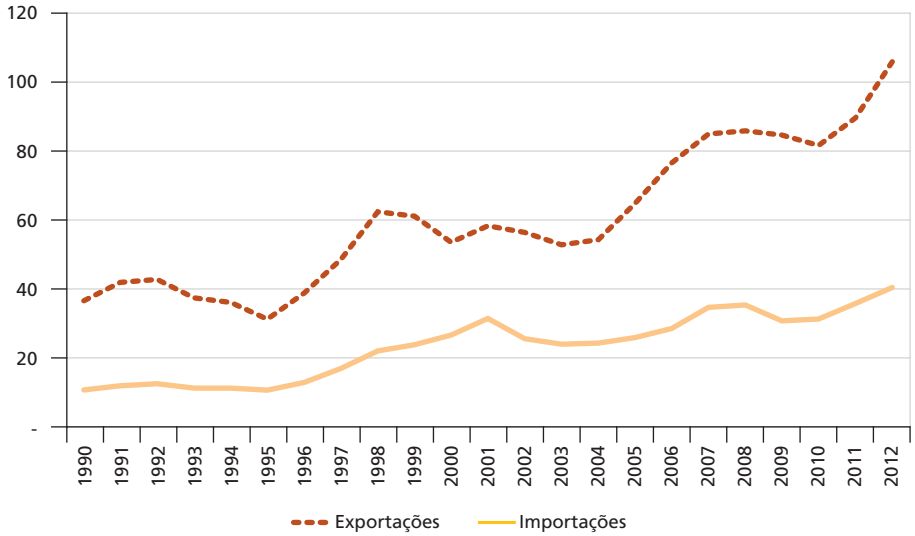
GRÁFICO 2
Receita da indústria aeroespacial dos Estados Unidos (2004-2014)[1]
(Em US$ bilhões)



Fonte: AeroWeb.
Nota:[1] Projeções.

De forma semelhante, as exportações ao longo do período seguiram em alta, atingindo US$ 105,61 bilhões em 2013 (quase o dobro do valor observado em 2004), proporcionando um saldo de mais de U$ 60 bilhões para a balança comercial e assegurando ao setor o primeiro lugar em exportação.

GRÁFICO 3
Comércio exterior da indústria aeroespacial dos Estados Unidos (1990-2012)
(Em US$ bilhões)



Fonte: AeroWeb, com base nos dados do *U.S. Department of Commerce*.

Os dados de emprego também impressionam: apesar da diminuição registrada nos anos mais recentes, a indústria aeroespacial respondeu por cerca de 4% do pessoal ocupado na indústria estadunidense em 2013, alcançando mais de 480 mil postos de trabalho. Trata-se de um setor intensivo em mão de obra, no qual ainda é baixo o grau de automação dos processos produtivos.

GRÁFICO 4
Pessoal ocupado na indústria aeroespacial nos Estados Unidos (2001-2013)
(Em mil)

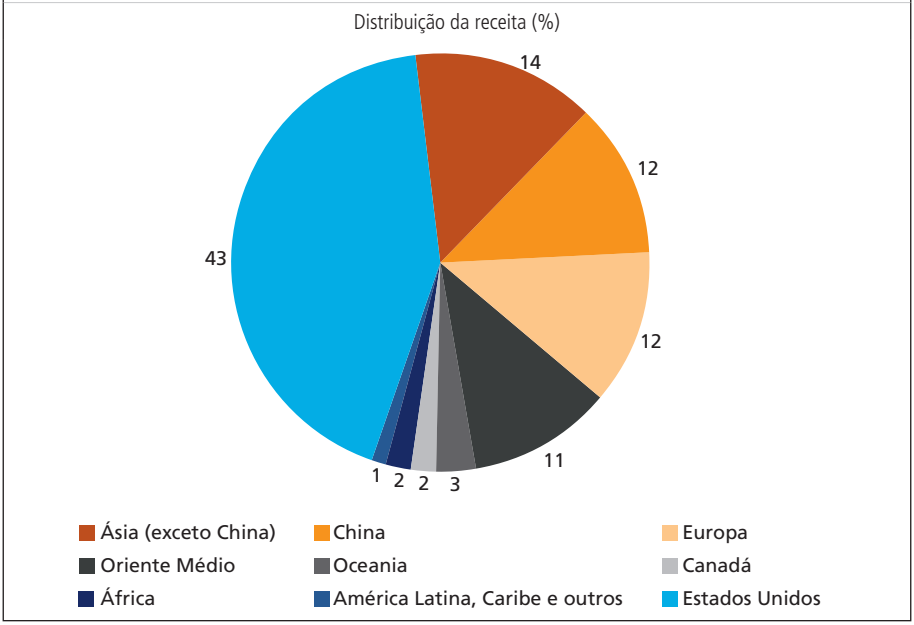


Fonte: AeroWeb, com base nos dados do *Bureau of Labor Statistics*.

Desse modo, pelos mais diferentes aspectos, a indústria aeronáutica dos Estados Unidos dá mostras de sua diversificação, pujança e competitividade. E, a depender da atual carteira de pedidos firmes (*backlog*), esse dinamismo continuará promissor, posto que somente as aeronaves comerciais somam mais de 5 mil encomendas (Forbes, 2014), o que garante a produção no país, no mínimo, para os próximos sete anos.

BOX 1
Boeing em números (2013)

Receita: US$ 86,6 bilhões
Entregas: 812 unidades
Backlog: US$ 440,9 bilhões
P&D: US$ 3,1 bilhões (cerca de 4% da receita líquida)
Empregados: 168.400



Fonte: Boeing (2013).

3.1.1 Principais aspectos do sistema de inovação norte-americano no setor aeronáutico

Na raiz dessa liderança dos Estados Unidos, encontra-se um sistema de relacionamentos e sinergias entre o setor público e privado, com destaque para programas e mecanismos de apoio do Estado, que interferem na direção e no ritmo das inovações. Estratégias diversificadas de incentivos oferecidos por uma ampla gama de agências e organizações públicas, que atuam em conjunto com empresas privadas, definem regras e diretrizes para o complexo todo, o qual tem no uso intensivo do poder de compra do Estado um de seus principais instrumentos de política tecnológica.

Isso fica evidente ao se observar os resultados da indústria no período 2001-2010, quando a participação dos gastos federais na demanda do país cresceu significativamente, passando a responder por 58% do seu faturamento, ante os 43% que representava no início da década (Ferreira, 2012, p. 47). O governo estadunidense é, de fato, o principal demandante do complexo aeronáutico-espacial-defesa, tomados em conjunto. Em 2010, as encomendas públicas ultrapassaram US$ 100 bilhões (*op. cit.*). Já no ano fiscal de 2013, foram contabilizados

US$ 461 bilhões em contratos governamentais, dos quais US$ 310 bilhões (67%) destinados apenas ao Departamento de Defesa. Assim, não soa estranho que entre as dez empresas com os maiores contratos com o governo, nove sejam ligadas à indústria aeroespacial e de defesa. Apenas a Lockheed Martin e a Boeing, por exemplo, responderam por cerca de 15% do volume gasto pelo governo, como mostra a tabela 4.

TABELA 4
Principais empresas com contratos governamentais – Estados Unidos (2013)

Empresa	US$ milhões	**Total (%)**
Lockheed Martin Corp.	44.014	**9,5**
The Boeing Company	21.036	**4,6**
Raytheon Company	14.104	**3,0**
General Dynamics Corp.	13.846	**3,0**
Northrop Grumman Corp.	13.763	**3,0**
SAIC Inc.	6.303	**1,4**
L-3 Communications Holdings Inc.	5.911	**1,3**
United Technologies Corp.	5.724	**1,2**
BAE Systems plc	4.940	**1,0**
McKesson Corp.	4.738	**1,0**

Fonte: AeroWeb.

Ao longo dos anos, os Estados Unidos consolidaram estruturas de apoio à indústria aeronáutica nos níveis federal, estadual e local que operam por meio de ministérios e agências em interação com o setor privado.

De um amplo universo de instituições, destacam-se a National Aeronautics and Space Administration (Nasa) e o Department of Defense (DoD), tanto pelo seu desempenho estratégico quanto pela sustentação de políticas de longo prazo. Ambos desenvolvem tecnologias e compartilham seus resultados – como ocorre nos casos da aerodinâmica, propulsão, eletrônica, navegação e materiais. Dada a centralidade das tecnologias geradas, assim como seu transbordamento para todo o complexo aeronáutico, não é exagero afirmar que a articulação conjunta entre DoD e Nasa opera como uma das principais fontes de fomento à inovação nos Estados Unidos.

Segundo Mowery e Rosemberg (1983), a Nasa foi criada no final dos anos 1950, em substituição ao National Advisory Committee on Aeronautics (Naca), fundado em 1915 com o objetivo de dar suporte ao desenvolvimento de projetos de aeronaves, sem a pretensão de apoiar a pesquisa básica. Atualmente, a Nasa conta com dezoito centros e laboratórios de pesquisa, com orçamento de US$ 17,7 bilhões em 2014. Esse montante de recursos supera em mais de três

vezes o orçamento da segunda maior agência espacial do mundo, a European Space Agency (ESA), que foi da ordem de US$ 5,4 bilhões em 2012.

Atualmente, os recursos da Nasa priorizam tecnologias de baixo carbono, motores, estruturas, materiais compósitos e a integração de veículos não tripulados ao sistema aéreo nacional. Como diretriz básica, os resultados alcançados nesses projetos devem ser compartilhados com o setor privado, que também participa no desenvolvimento de tecnologias. A título de ilustração, a tabela 5 apresenta as dez principais instituições que se beneficiaram de contratos com a Nasa em 2013, cujos valores alcançaram US$ 14,22 bilhões. Nota-se que mais uma vez a Lockheed Martin e Boeing aparecem nas primeiras posições.

TABELA 5
Principais instituições e empresas com contratos com a Nasa – 2013

Empresas	US$ milhões	**Total (%)**
California Institute of Technology	1.707	**12,0**
Lockheed Martin Corp.	1.614	**11,3**
The Boeing Company	1.479	**10,4**
Jacobs Engineering Group Inc.	653	**4,6**
Raytheon Company	459	**3,2**
Northrop Grumman Corp.	373	**2,6**
Space Exploration Technologies Corp.	355	**2,5**
SGT Inc.	305	**2,1**
United Launch Alliance L.L.C.	298	**2,1**
Russia Space Agency	285	**2,0**

Fonte: AeroWeb.

Na estrutura laboratorial da Nasa, além de programas de apoio, quatro unidades são dedicadas a pesquisas voltadas diretamente para o setor aeroespacial: Ames Research Center (Califórnia), Armstrong Flight Research Center (Califórnia), Glenn Research Center (Ohio) e Langley Research Center (Virgínia).[14] Alguns dos programas em curso são:

- Quiet Aircraft Technology Program, voltado para a redução de ruído produzido pelas aeronaves;
- Alternative Fuel Effects on Contrails and Cruise Emissions, projeto em parceria com Alemanha e Canadá para o desenvolvimento de combustíveis limpos;

14. Cada centro opera em sua área específica de pesquisa e todos possuem mais de mil funcionários, conforme informações nos *sites* das respectivas instituições.

- Advanced Composite Research Partnership, parceria público-privada para o desenvolvimento de materiais compósitos, da qual participam Boeing, Bell Helicopter, GE Aviation, Lockheed Martin, Northrop Grumman Aerospace e United Technologies;
- Aeronautics Test Program, dedicado a testes do setor aeronáutico, como túneis de vento, por exemplo.

O Departamento de Defesa (DoD) financia diretamente pesquisas tanto em universidades quanto em empresas.[15] Algumas de suas agências, como a Defense Advanced Research Projects Agency (Darpa) e o Air Force Research Laboratory (AFRL), ocupam lugar-chave entre as instituições de desenvolvimento de tecnologias militares.

A Darpa, criada em 1958, opera com um corpo técnico enxuto, formado por cerca de duzentas pessoas, e orçamento anual da ordem de US$ 2,8 bilhões, mais da metade destinada à pesquisa aplicada e ao desenvolvimento tecnológico (Darpa, 2014). A atuação da agência perpassa diversos campos do conhecimento, como biologia, engenharia, química e neurociência, sendo de especial interesse para o setor aeronáutico as pesquisas desenvolvidas sobre materiais, eletrônica e tecnologias de informação e comunicação (TICs). A Darpa foi fundamental para a concepção e o nascimento da internet. Entre seus legados, pode-se mencionar ainda o desenvolvimento do caça F-117, dos veículos não tripulados (Vants), do avião hipersônico, de sensores avançados de comando e controle e sistemas de mísseis (Hirschberg, 2008; Ferreira, 2012). No mesmo sentido, a Darpa participou de projetos cooperativos com a indústria, que resultaram nos caças não tripulados Boeing X-45 e X-47 (Niosi, 2012). Tendo em vista que muitas tecnologias são de uso dual, isto é, atendem aos mercados civil e militar, inúmeros projetos de fronteira geram continuamente impactos na *performance* do setor aeronáutico.[16]

O AFRL, por sua vez, conta com mais de 5 mil funcionários (civis e militares) e reúne quatro grandes laboratórios, dois diretamente relacionados à indústria aeronáutica: Wright Laboratory, dedicado às pesquisas em aviônica, dinâmicas de voo, materiais e propulsão; e o Rome, voltado às tecnologias de informação e comunicação. O AFRL também desenvolve pesquisa básica e trabalha em parceria com empresas, como a Lockheed Martin, com a qual compartilha o projeto de avião compósito (Advanced Composite Cargo Aircraft). Os contratos de pesquisa com o setor privado chegaram a aumentar o orçamento do AFRL em 2013 em cerca de US$ 3,5 bilhões.

15. A Boeing teve o segundo maior volume de contratos com o DoD, em 2013, US$ 19,5 bilhões (6,3%), atrás da Lockheed Martin, que teve quase o dobro, US$ 37,2 (12%), segundo dados da AeroWeb.

16. Entre as inúmeras inovações associadas a pesquisas financiadas e gerenciadas pela Darpa e que se difundiram no mundo estão, além da internet, a videoconferência, o GPS e a *cloud computing*.

Além disso, o AFRL abriga o Air Force Office of Scientific Research (AFOSR), que tem entre suas atribuições identificar oportunidades de desenvolvimento tecnológico e investir em pesquisa básica, de longo prazo, voltada ao setor aeroespacial e em sintonia com a força aérea norte-americana. Em 2012, o orçamento desse centro de pesquisa foi de aproximadamente US$ 500 milhões, e a maior parte de seus recursos foi destinada a pesquisas conduzidas em conjunto pela academia e pela indústria (Niosi, 2012, p. 6).

Tendo em vista a magnitude dos orçamentos e a atenção explícita dedicada ao setor aeronáutico nas linhas de pesquisa das principais instituições de apoio, fica claro que a sinergia entre as áreas de defesa-espacial e a aeronáutica tem sido peça-chave para o alto desempenho dos Estados Unidos no mercado da aviação: viabilizam as estratégias de longo prazo das empresas, assim como a transferência de tecnologias, as compras governamentais, e o financiamento do desenvolvimento científico e tecnológico.[17]

Para além do complexo espacial e de defesa, mas com a mesma preocupação de localizar os principais sustentáculos do sistema de inovação da indústria aeronáutica dos Estados Unidos, apontamos ainda as instituições a seguir relacionadas.

1) National Science Foundation (NSF): agência federal fundamental para a pesquisa básica e aplicada nos diversos campos da ciência e da engenharia. A NSF não possui rede laboratorial própria, mas seus investimentos destinam-se à irrigação de toda a infraestrutura de pesquisa, ao desenvolvimento de projetos de parceria entre universidade-empresa, e à celebração de acordos cooperativos internacionais, sendo responsável por cerca de 25% do total de dispêndios em pesquisa nos Estados Unidos.

2) National Science and Technology Council (NSTC): agência que coordena a política de ciência, tecnologia e inovação (CT&I) e desenvolvimentos específicos para cada campo de pesquisa da indústria aeronáutica.

3) Aeronautical Systems Center (ASC): suas pesquisas dão prioridade aos produtos de defesa, mas também desenvolvem novos materiais, equipamentos eletrônicos e sistemas de propulsão que podem ser transferidos

17. Vale registrar que essa busca de sinergia por parte do governo norte-americano é perseguida também por meio dos centros de pesquisa chamados University Affiliated Research Center (Uarcs), assim como do Federally Funded Research and Development Center (FFRDC). Os Uarcs foram estabelecidos em meados dos anos 1990 como um mecanismo para assegurar a manutenção de pesquisas e capacitações de interesse do Department of Defense (DoD), as quais são realizadas mediante contratos com universidades. A Universidade da California (Santa Cruz), por exemplo, lidera um Uarc com o centro da Nasa Ames Research Center, sendo responsável pela condução de pesquisas em áreas específicas, como aeroespacial e biotecnologia. Diversas universidades contam com Uarcs desenvolvendo desde pesquisa básica à aplicada e com foco nos interesses do segmento aeronáutico. Os FFRDCs, por sua vez, são ainda mais antigos. Instituídos nos anos 1940, eles têm uma proposta semelhante de estimular determinadas instituições (universidades ou organizações sem fins lucrativos) a executarem pesquisas em áreas estratégicas, em colaboração com entes privados. Contam para tanto com o apoio financeiro das agências governamentais, atuando nos campos da aviação, espaço, defesa, energia, saúde etc., como o MIT Lincoln Laboratory e The Aerospace Corporation.

para o setor privado. Um exemplo dessa parceria foi o desenvolvimento com a Boeing, em 2012, de um sistema que permite o controle da aeronave por meio de um *display* acoplado ao capacete do piloto (Ravena, 2013).

Além dessas instituições que fomentam a pesquisa e inovação, é importante registrar a ampla rede de cursos de engenharia aeronáutica construída pelos Estados Unidos. São dezenas de instituições espalhadas pelo país que oferecem cursos de graduação e pós-graduação nessa área, muitos com expressiva infraestrutura laboratorial e com crescente procura pelos estudantes – em 2002, foram titulados cerca de 1.700 engenheiros aeroespaciais, enquanto em 2013 esse número aumentou para 3.595, de um total de 93.360 engenheiros graduados no mesmo ano (Yoder, 2012, p. 37; 2014, p. 37). O quadro 1 apresenta as universidades que oferecem os cursos mais bem conceituados na área de engenharia aeroespacial.

QUADRO 1
Principais instituições que oferecem cursos de engenharia aeroespacial – Estados Unidos

Universidade	Localização
Massachusetts Institute of Technology (MIT)	Cambridge, Massachusetts
California Institute of Technology (Caltech)	Pasadena, Califórnia
Stanford University	Stanford, Califórnia
University of Michigan – Ann Arbor	Ann Arbor, Michigan
Georgia Institute of Technology (Georgiatech)	Atlanta, Geórgia
Purdue University – West Lafayette	West Lafayette, Indiana
University of Illinois – Urbana-Champaign	Champaign, Illinois
Cornell University	Ithaca, Nova York
University of Texas – Austin	Arlington, Texas
Princeton University	Princeton, Nova Jersey

Fonte: US News & World Report.

Por último, como mais um indicativo do dinamismo do sistema de inovação norte-americano e de sua busca permanente para estimular a competitividade do segmento aeronáutico, vale registrar a recente iniciativa do governo federal de criar uma rede de institutos de inovação que promete fortalecer ainda mais a infraestrutura de apoio no setor. Trata-se da National Network of Manufacturing Innovation (NNMI), lançada no início de 2012 pelo presidente Barack Obama, com o objetivo de elevar a competitividade do setor produtivo, fazer avançar a pesquisa e atrair mais investimentos para o país.

O programa prevê US$ 1 bilhão para a alavancagem de institutos de inovação, cada um com uma especialização, e que devem funcionar como centros regionais de excelência no desenvolvimento de pesquisa aplicada em tecnologias de manufatura, mediante o estabelecimento de parcerias público-privadas (PPPs) entre universidades e empresas. O governo espera diminuir a distância ora existente entre

a pesquisa básica, o desenvolvimento de produtos e sua comercialização. Vários desses institutos estão diretamente ligados às necessidades de P&D do segmento aeronáutico. Isso se dá, por exemplo, na área de manufatura aditiva, ou impressão em 3D, definida como experiência piloto do programa, por representar uma nova forma de produzir bens e componentes que deverá influenciar a atividade futura da indústria. Recursos de quatro instituições federais (NSF, e os Departamentos de Defesa, de Energia e de Comércio), totalizando US$ 45 milhões, foram direcionados para financiar o projeto, cujo edital exige uma base em reconhecido centro de pesquisa, mas orientado pelas demandas da indústria (*industry-led*).

Em 2013, foram realizadas três novas chamadas públicas, que destinarão cerca de US$ 70 milhões para cada instituto selecionado, por um período de cinco anos, acrescidos de investimentos similares dos parceiros privados, junto aos quais espera-se alcançar a proporção de 1 para 1 – ou seja, para cada dólar investido pelo governo federal, adicione-se o mesmo valor por parte das empresas ou dos governos estaduais.[18] As áreas priorizadas nessa segunda rodada foram as de manufatura digital, materiais compósitos e novas fontes de energia. O quadro 2 apresenta os três institutos selecionados até o momento que contam com a participação direta de grandes companhias do setor aeronáutico.

QUADRO 2
Institutos de inovação com atuação no setor aeronáutico – Estados Unidos

Instituto de inovação	Líder/base	Foco	Parceiros privados
National Additive Manufacturing	National Center for Defense Manufacturing and Machining/Ohio	Materiais, tecnologias e processos para impressão em 3D	Cem parceiros. Exemplo: Boeing, Northrop Grumman, Lockheed Martin, GE Aviation
American Lightweight Materials Manufacturing	EWI/Detroit	Novos metais e aços de alta *performance*	Setenta parceiros. Exemplo: Boeing, Lockheed Martin, GE
Digital Manufacturing and Design	UI Labs/Chicago	*Design* em 3D	Setenta parceiros. Exemplo: Boeing, Lockheed Martin, GE, Dassault Systèmes, Honeywell e Rolls-Royce

Fonte: Advanced Manufacturing Portal.

Além de toda essa estrutura de centros de pesquisa, de formação de recursos humanos e de sinergias que potencializam o complexo aeronáutico, não se pode negligenciar o apoio oferecido pelo setor público via deduções fiscais e créditos para exportação, os quais não serão objeto deste capítulo. Apenas a título de ilustração, estima-se que aproximadamente US$ 50 bilhões/ano de incentivo público são

18. Por exemplo, o instituto de manufatura digital, além dos recursos advindos da federação, anunciou que contará com mais US$ 250 milhões dos demais parceiros, incluindo o governo estadual de Illinois.

concedidos para que a indústria norte-americana mantenha-se na liderança mundial do setor (Niosi, 2012, p. 7).

Os dados apresentados dão uma dimensão, ainda que parcial, do sistema de inovação do setor aeronáutico nos Estados Unidos. Trata-se de um sistema dos mais antigos do país, maduro, entrelaçado e sustentado por uma vasta rede de empresas e infraestrutura de ensino e pesquisa, que se mantém graças a uma intensa sinergia entre o setor público e privado, com base em uma forte participação do investimento público. Esse sistema de inovação do setor aeronáutico dispõe de um parque industrial diversificado e integrado, com empresas altamente competitivas internacionalmente, que se retroalimenta constantemente e é movido por um conjunto de instrumentos, subsídios e incentivos públicos.

Embora o país não se declare adepto de políticas nacionais ou mesmo políticas regionais específicas para o setor, as empresas aeronáuticas encontram no Estado um ator extremamente ativo no fomento à CT&I, tendo consolidado uma infraestrutura institucional de departamentos e agências que subsidiam a definição de estratégias, o desenvolvimento tecnológico e a implantação de marcos regulatórios amigáveis aos negócios aeronáuticos. Nos diferentes níveis de governo, o que envolve estados e municípios, também são identificados mecanismos de apoio à P&D nas universidades e empresas.[19] O Instituto Americano de Aeronáutica e Astronáutica (AIAA) reconhece esse papel do poder público ao afirmar que, "historicamente, os setores aeroespacial e de defesa (A&D) dependem amplamente do governo dos Estados Unidos para financiar pesquisa básica e para desenvolver tecnologias em um nível em que a indústria possa comercializá-las" (AIAA, 2013, p. 1, tradução nossa).

Também é importante reconhecer que essa estrutura de apoio é dinâmica, e está sistematicamente se renovando e criando novos caminhos para promover a ciência e tecnologia, como mostra a recente iniciativa da rede de institutos de inovação. No caso da indústria aeronáutica, que tem como característica uma organização global em que as empresas líderes buscam se relacionar com os fornecedores de diversos países, o último instrumento do governo estadunidense (NNMI) tende a reforçar a participação da indústria local na economia nacional, assim como a cooperação público-privada dentro do país.

Diante desse contexto, é possível concluir que o segmento aeronáutico norte-americano conquistou a liderança que ocupa hoje no mercado global graças à combinação do empreendedorismo empresarial, que persegue padrões de excelência e liderança, e de vultosos incentivos governamentais, que ao longo de décadas injeta bilhões de dólares anualmente a fim de fortalecer o sistema de inovação e manter e/ou elevar a competitividade do setor do país.

19. Por exemplo, entre as ações no âmbito regional, vale citar a rede de centros de excelência criada pelo estado de Washington, entre os quais o Center of Excellence for Aerospace and Advanced Materials Manufacturing.

3.2 O caso do Canadá

Reconhecido como um dos líderes mundiais da indústria aeroespacial, o Canadá destaca-se atualmente como quinto colocado no *ranking* global, atrás dos Estados Unidos, França, Alemanha e Inglaterra, segundo a Associação das Indústrias Aeroespaciais do Canadá.

Os primeiros passos da indústria aeronáutica canadense datam do início do século XX, quando foi criada, ainda em 1907, a Aerial Experiment Association (AEA), uma parceria de pesquisa Estados Unidos-Canadá liderada por Alexander Graham Bell. Ao final da década de 1930, o país empregava cerca de 4 mil pessoas na indústria aeronáutica e produzia cerca de quarenta aviões/ano, números que aumentaram exponencialmente durante a Segunda Guerra Mundial, quando o setor chegou a operar com cerca de 120 mil pessoas e a produzir 4 mil aviões/ano.

No pós-Guerra, o Canadá experimentou a consolidação do setor. Contou, para tanto, com a utilização de uma variedade de instrumentos, que combinava atração de empresas estrangeiras, medidas protecionistas, subsídios, uso do poder de compra do Estado e até mesmo recuperação de empresas, a exemplo dos casos da Havilland (1974) e Canadair (1976), adquiridas pelo governo federal a fim de preservar a *expertise* acumulada pelo país. Segundo Zhegu e Vallerand (2011), o Canadá pôs em prática, nesse período, uma verdadeira política de escolha de campeões nacionais.

Nos anos 1980, essas duas empresas seriam privatizadas, sendo a Canadair a primeira de uma série a ser incorporada pela Bombardier, o que marcou sua entrada no mercado aeronáutico – até então seu nicho eram trens e veículos para neve. Foi somente nos anos 1990 que a Bombardier receberia reconhecimento internacional, com o lançamento da família de jatos regionais CRJ – com capacidade de cinquenta a noventa passageiros.

Atualmente, a indústria aeroespacial canadense está voltada principalmente para o setor civil, com destaque para a produção de aviões, helicópteros, motores, estruturas, simuladores, trens de pouso e sistemas de controle das aeronaves (Theckedath, 2013). Suas atividades no setor de defesa e espaço são mais modestas, com o predomínio da produção de satélites.

O setor aeroespacial concentra-se nas regiões de Montreal, Quebec e Toronto, Ontário,[20] onde estão instaladas cerca de setecentas empresas, com receita

20. Dados de 2012, apontam que a província de Quebec responde por quase 75% das atividades de P&D, enquanto a maior parte dos laboratórios públicos está localizada em Ottawa.

de US$ 20,9 bilhões[21] em 2011. Como mostra o quadro 3, a indústria canadense se beneficia da presença de gigantes globais, como grandes contratantes – a exemplo da Bombardier e da Bell Helicopter – e fabricantes de estruturas, sistemas e equipamentos – como a Sonaca e a Thales.

QUADRO 3
Empresas globais do setor aeroespacial presentes – Canadá

Empresas aeronáuticas	Origem	Empresas aeronáuticas	Origem
Bombardier	Canadá	GE Aviation	Estados Unidos
Pratt & Whitney	Estados Unidos	Thales	França
Bell Helicopter Textron	Estados Unidos	Héroux-Devtek	Canadá
Loockheed Martin	Estados Unidos	Turbomeca	França
Dubai Aerospace	Emirados Árabes	Viking Air	Canadá
Eurocopter Canada	Europa	Honeywell	Estados Unidos
CAE	Canadá	Sonaca	Bélgica
Rolls-Royce	Inglaterra	Mitsubishi	Japão

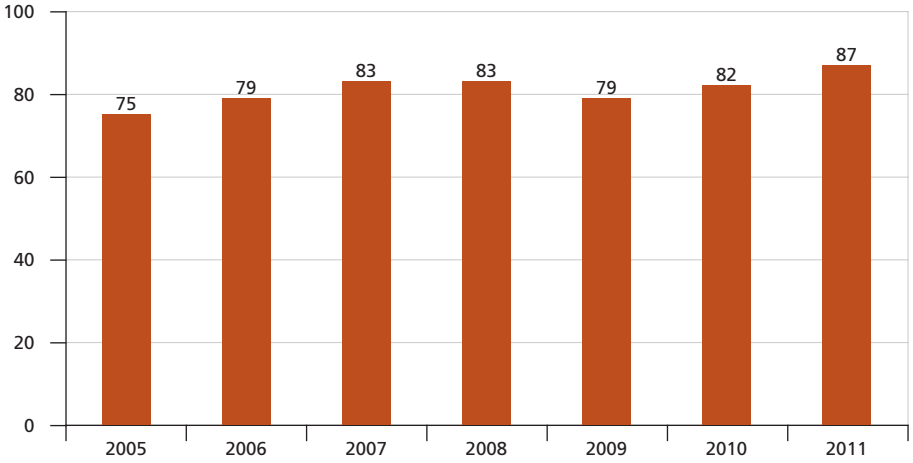
Fonte: Osec (2012) e Invest in Canada (2013-2014).
Elaboração da autora.

Com efeito, um pequeno grupo de grandes companhias do setor (cerca de vinte) respondem por 80% da receita alcançada pela indústria aeroespacial canadense. O destaque cabe à Bombardier que, sozinha, participa com um terço dos US$ 20 bilhões de receita, em média, produzidos anualmente pela indústria aeroespacial.

O universo de empresas da indústria canadense apresenta diferentes tamanhos: as de grande porte (acima de quinhentas pessoas ocupadas) representam 4%; as médias (de 100 a 499 pessoas ocupadas) somam 11%; e as pequenas empresas (até 99 pessoas ocupadas) constituem a maioria, 85% do total.

21. Todos os valores em dólar canadense foram convertidos para dólar norte-americano, utilizando-se a cotação de 18 de julho de 2014: US$ 1 = C$ 1,07.

GRÁFICO 5
Pessoal ocupado na indústria aeroespacial – Canadá (2005-2011)
(Em mil)

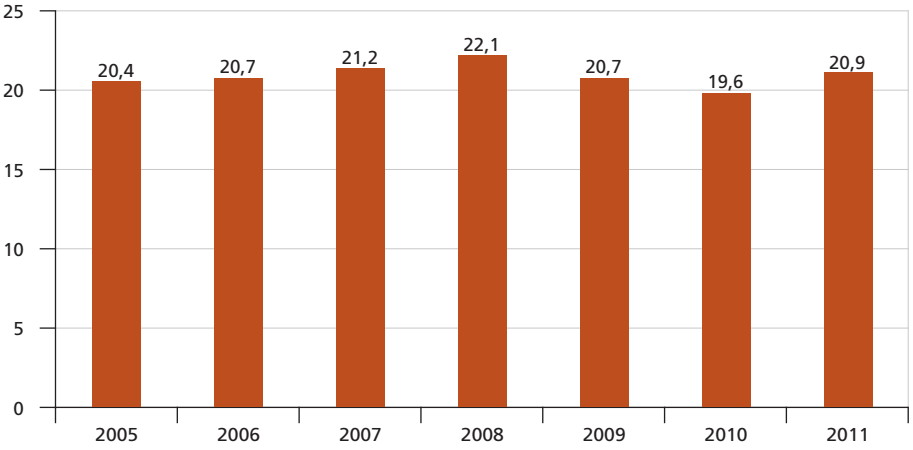


Fonte: AIAC (2013).

O alto volume de vendas leva essa indústria a ocupar posição relevante na economia, tendo respondido, em 2013, por cerca de 1,3% do produto interno bruto (PIB) do país.

Conforme é possível notar pela trajetória de sua receita, a indústria canadense exibiu um crescimento estável até 2008, quando teve sua atividade diminuída em função da crise internacional.

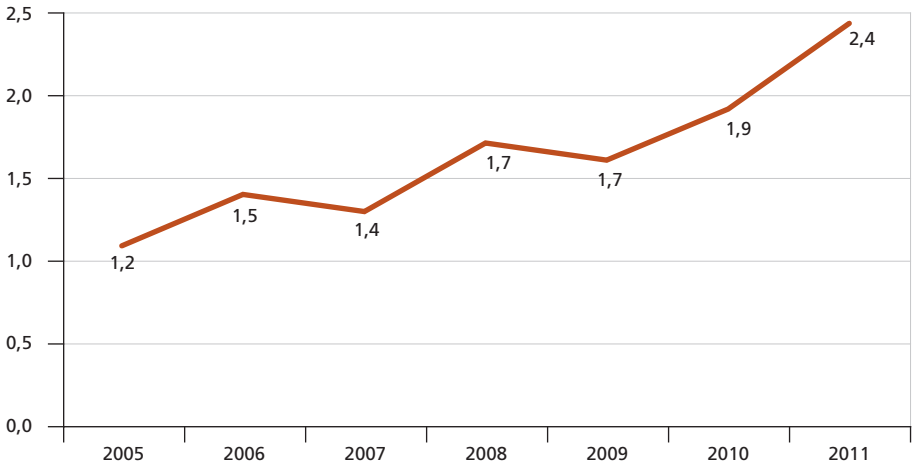
GRÁFICO 6
Receita da indústria aeroespacial – Canadá (2005-2011)
(Em US$ bilhões)



Fonte: AIAC (2013).

A partir de 2010, no entanto, alguns indicadores começaram a melhorar, com destaque para os investimentos em P&D e equipamentos, que alcançaram US$ 2,4 bilhões em 2011. A análise dos dados para todos os anos revela que, com exceção das exportações, todos os demais indicadores melhoraram, com ênfase no crescimento dos investimentos.

GRÁFICO 7
Investimento em P&D na indústria aeroespacial – Canadá (2005-2011)
(Em US$ bilhões)

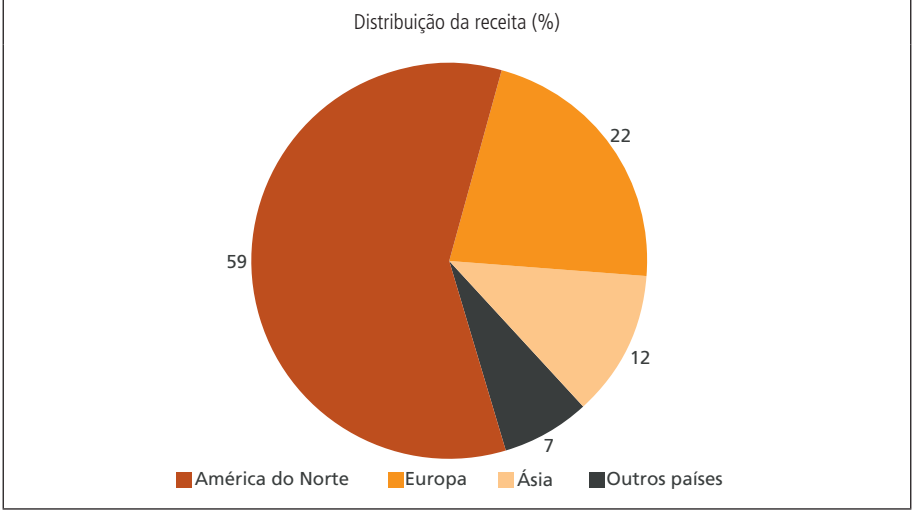


Fonte: AIAC (2013).

Na comparação internacional com seis países, o setor aeroespacial canadense destaca-se como o terceiro mais intensivo em P&D, atrás apenas da França e dos Estados Unidos.

BOX 2
Bombardier Aerospace em números (2013)

Receita: US$ 9,4 bilhões
Entregas: 238 unidades
Backlog: US$ 37,3 bilhões
P&D: US$ 173 milhões (cerca de 2% da receita líquida)
Empregados: 37.700



Fonte: Bombardier (2013).

3.2.1 Principais aspectos do sistema de inovação canadense do setor aeronáutico

Para sustentar o dinamismo do setor, as empresas canadenses contam com o contínuo apoio do governo federal por meio de diferentes modalidades, como afirma o relatório da *Aerospace Review*, que analisa em profundidade a *performance* do setor no país: "Há um longo tempo, os governos canadenses têm dado atenção ao setor aeroespacial, motivados por seu papel em criar empregos de alta qualidade e inovações tecnológicas, assim como pelos benefícios diretos e indiretos daí decorrentes" (Aerospace Review, 2012).[22]

22. Trata-se de uma publicação independente, encomendada pelo governo para apresentar balanços da indústria aeronáutica e espacial canadense e sugerir recomendações de políticas.

No decorrer dos anos, foram várias as políticas públicas que consolidaram algumas colunas de sustentação da competitividade do Canadá, como indicado a seguir:

- nos anos 1940, o governo canadense criou o National Research Council (NRC), com atuação voltada para uma vasta rede de infraestrutura laboratorial distribuída por todo o país;
- nos anos 1970, tem-se um novo marco na trajetória do setor, com o lançamento do Defence Industries Productivity Program; e
- nos anos 1990, seria a vez do Technology Partnerships Program.

Todos esses programas e instituições sustentam uma forte sinergia entre empresas, universidades, laboratórios nacionais e agências de governo.

Atualmente, duas principais instituições de apoio destacam-se na estrutura de fomento ao desenvolvimento tecnológico e à inovação: de um lado, o Industrial Technologies Office (Industry Canada), que atua como um Ministério da Indústria e Comércio e, de outro, o Natural Sciences and Engineering Research Council (NSERC), maior agência de financiamento à pesquisa do país.

O governo opera basicamente por meio dessas instituições que, além do suporte direto, patrocinam estudos de viabilidade e diagnósticos. Dessa forma, o governo canadense, assim como a indústria, identifica os principais desafios para a manutenção da sua posição no mercado aeronáutico: *i)* a expansão do Japão, China e Rússia nesse segmento; e *ii)* a exigência crescente por tecnologias mais eficientes, o que demandará investimentos elevados em P&D. Como se observa, aumento da competição combinada a desafios tecnológicos de médio e longo prazos dão o tom para a elaboração de políticas mais agressivas e para a definição de novos instrumentos de apoio.

Diante desse contexto, o governo canadense tem lançado mão de uma série de incentivos para manter a indústria competitiva. Os principais instrumentos adotados incluem:

- crédito subsidiado à P&D;
- disponibilização de infraestrutura de pesquisa, ensino e treinamento;
- programas especializados para a área de defesa;
- compras governamentais; e
- suporte à exportação.

Desse conjunto de instrumentos, vale mencionar alguns, conforme box a seguir.

BOX 3
Iniciativas de apoio ao setor aeronáutico

Strategic Aerospace and Defense Initiative (Sadi)/Industry of Canada
• Um dos principais programas em curso. Disponibiliza recurso reembolsável para projetos de P&D para serem desenvolvidos em parceria com universidades. Os projetos podem estar em qualquer escala do Technology Readness Level (TRL),[23] inclusive pesquisa pré-competitiva.
• Conta com previsão orçamentária de US$ 900 milhões nos próximos cinco anos.
Technology Demonstration Program (TDP)/Industry of Canada
• Oferece recursos não reembolsáveis para grandes projetos de P&D (TRL até 6 – anterior à prototipagem) para integradoras e fornecedores de primeiro nível do setor aeroespacial/defesa. Os projetos devem envolver universidades, pequenas e médias empresas (PME), assim como parceiros internacionais, desde que invistam recursos próprios.
Greener Aircraft Catalyst Project
• Iniciativa da AeroMontreal, associação que agrega as empresas aeronáuticas localizadas na província de Quebec.
• Projeto que visa desenvolver tecnologias novas e ecoeficientes, ou seja, tecnologias sustentáveis do ponto de vista ambiental que devem compor o *green plane*.
• Orçamento para o período 2010-2013 previa US$ 140 milhões, financiados em parte pela indústria (53%) e em parte pelo poder público (47%).
Consortium for Research and Innovation in Aerospace in Quebec (Criaq)
• Organização sem fins lucrativos criada pelo governo de Quebec com o objetivo de reunir empresas e universidades de todo o país a fim de desenvolver pesquisas em sua fase pré-competitiva para a indústria aeroespacial.
• Há mais de setenta parceiros envolvidos no consórcio, entre empresas e universidades.
• Orçamento da ordem de US$ 100 milhões para quatro anos.[24]
Green Aviation Research and Development Network (GARDN)
• Criada em 2009, trata-se de uma rede de centros de excelência liderada por empresas e apoiada pelo governo.
• Reúne parceiros da indústria, academia, governo e organizações sem fins lucrativos em torno de projetos de P&D com foco em questões ambientais (combustíveis alternativos, novos materiais, redução de emissões de barulho etc.).
• O orçamento é de aproximadamente US$ 6 milhões para o período 2009-2013, sendo a metade proveniente de empresas.
Sustainable Development Technology Canada
• Assim como o GARDN, essa organização apresenta maior preocupação com as questões ambientais, priorizando os projetos de P&D conduzidos por empresas de pequeno porte na área de energias limpas.
• Destina anualmente cerca de US$ 9 milhões para as pesquisas no setor aeronáutico.
Defence Research and Development Canada
• Agência ligada ao Ministério da Defesa, responsável por conduzir projetos de P&D na área de defesa, incluindo aqueles com foco no setor aeroespacial.
• Possui oito centros de pesquisa no país, cerca de 1.400 funcionários e orçamento anual da ordem de US$ 280 milhões.

Fonte: Levantamento realizado pela autora nos *sites* do governo e das respectivas instituições/programas.

23. Metodologia básica de avaliação do estágio de maturidade de tecnologias desenvolvida pela Nasa e amplamente utilizada nas agências internacionais e em segmentos industriais, especialmente no aeroespacial. Sua escala varia de 1 a 9, segundo a qual os níveis iniciais aproximam-se da pesquisa básica, seguidos pela fase de pesquisa aplicada, testes e ensaios (fase pré-competitiva) e, finalmente, o estágio em que as tecnologias estão em condições de serem produzidas.

24. A partir de um estudo encomendado pelo governo para avaliar as políticas adotadas no Canadá e em outros países em suporte ao setor, foi recomendado, entre outras medidas, a criação de um programa demonstrador para tecnologias aeronáuticas, visando ao desenvolvimento de tecnologias de fronteira e sua comercialização. O Criaq nasce dentro dessa perspectiva. Para mais informações, ver: <http://goo.gl/PwyrhR>.

Além dessas iniciativas, o setor recebe apoio por meio de instituições de ensino e pesquisa que, reconhecidamente, assumem papel de relevo na produção de conhecimento e infraestrutura de pesquisa, bem como na formação e capacitação de pessoal para atuar nessa indústria intensiva em tecnologia. O apoio governamental nesse terreno também tem se mostrado um dos fatores determinantes para o sucesso canadense no setor.

QUADRO 4
Principais centros de pesquisa do setor aeronáutico – Canadá

Instituição	Características
Institute for Aerospace Research (NRC Aerospace)	Principal centro de pesquisa do setor aeronáutico dentre os vinte institutos sustentados pelo National Research Council (NRC) Mais de cinquenta anos em atividade Cerca de trezentos pesquisadores fixos e cem visitantes Orçamento anual da ordem de US$ 54 milhões Pesquisas e tecnologias desenvolvidas em parcerias com universidades e empresas, que também investem no instituto Infraestrutura estimada em US$ 465 milhões Cinco laboratórios em Ontário e Montreal: • Manufacturing Technology Centre • Aerodynamics Laboratory • Flight Research Laboratory • Gas Turbine Laboratory • Structures and Materials Performance Laboratory Alguns programas em curso: • Aeronautics for the 21st Century – foco em eficiência energética e controle de emissões • Working and Travelling on Aircraft – foco em conforto no voo • Air Defence Systems (ADS) – novas tecnologias para a área militar
Global Aerospace Centre for Icing and Environmental Research (Glacier)	Laboratório da rede NRC desenvolvido em parceria com a Pratt & Whitney e Rolls-Royce para realização de testes e certificação de grandes turbinas em condições de baixa temperatura Infraestrutura estimada em US$ 40 milhões
Composites Development Centre of Quebec (CDCQ)	Centro de P&D em materiais compósitos Apoia empresas do setor aeronáutico por meio da transferência de tecnologia e treinamento de mão de obra

Fonte: Levantamento realizado pela autora nos *sites* do governo e das respectivas instituições.

A rede de ensino e pesquisa está dispersa nas duas áreas principais de concentração da indústria aeronáutica canadense: Ontario e Quebec. Segundo dados oficiais, existem catorze universidades que oferecem curso em engenharia

aeronáutica, e aproximadamente 3 mil estudantes são graduados por ano em áreas afins. As universidades e os principais centros de pesquisa na área são listados a seguir no quadro 5.

QUADRO 5
Cursos de engenharia aeroespacial – Canadá

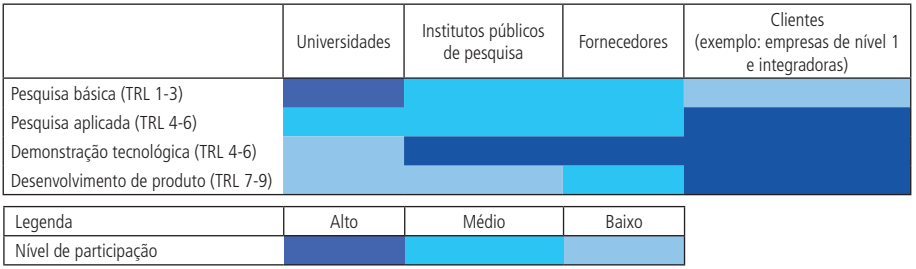
Universidade	Localização
University of Toronto	Toronto, Ontario
Ryerson University	Toronto, Ontario
York University	Toronto, Ontario
University of Ottawa	Ottawa, Ontario
Carleton University	Ottawa, Ontario
Royal Military College of Canada (RMC)	Kingston, Ontario
Concordia University	Montreal, Quebec
McGill University	Montreal, Quebec
École de Technologie Supérieure (ETS)	Montreal, Quebec
École Polytechnique de Montréal (EPM)	Montreal, Quebec
Laval University	Quebec, Quebec
University of Sherbrooke	Sherbrooke, Quebec
University of Alberta (U of A)	Edmonton, Alberta
University of Manitoba	Winnipeg, Manitoba

Elaboração da autora.

O ambiente de pesquisa é enriquecido ainda pelos diversos institutos dedicados especificamente para o setor aeronáutico nas universidades, os quais estão espalhados nas duas principais regiões que concentram as empresas. Entre as instituições que integram essa rede, é possível destacar: o Institute for Aerospace Studies, da Universidade de Toronto; o Centre Technologique en Aérospatiale, da Escola Nacional de Aerotécnica; o Concordia Institute of Aerospace Design and Innovation, da Universidade de Concordia; o Institut de Conception et d'Innovation en Aérospatiale, da Escola Superior de Tecnologia; o Institute of Innovation and Conception in Aerospace, da Escola Politécnica de Montreal; e o McGill Institute for Aerospace Engineering, da Universidade McGill. Todos constituem centros de referência no treinamento de pessoal, condução de pesquisas e transferência de tecnologias para o setor privado.

De fato, por meio dessa malha de centros de pesquisa o governo trabalha de forma integrada com a indústria. Na prática, as universidades se ocupam da pesquisa básica, e as empresas, em conjunto com centros de pesquisa governamentais, com a realização da pesquisa aplicada, da pesquisa pré-competitiva e do desenvolvimento de produtos. Em outras palavras, quanto mais próximas as tecnologias estiverem da condição de entrar no mercado, mais as empresas entram em cena, como se vê na figura 1.

FIGURA 1
Atividades colaborativas para a promoção da inovação



Fonte: AIAC (2013).

Apesar de operar em escala menor do que nos Estados Unidos, a indústria aeronáutica também desempenha papel estratégico na economia canadense, seja como fonte de inovação, empregos qualificados e exportações, seja por seu peso na sustentação do crescimento econômico. Como nos Estados Unidos, o governo canadense também se destaca como um grande ator do sistema de inovação do setor, tendo sido responsável por todo o período de *cacthing up* e do assentamento das bases para o desenvolvimento competitivo da indústria de aviação civil no pós-Guerra. As políticas de apoio implementadas desde então ajudaram na promoção e consolidação dessa indústria.

Apesar disso, dada a competição intensa travada com a Embraer, concorrente direta da Bombardier no segmento de jatos comerciais e executivos, e diante da entrada de economias emergentes – principalmente China e Rússia – e do Japão nesse mercado, as ações do governo para assegurar a competitividade canadense no setor tendem a se tornar ainda mais indispensáveis.

Assim, em resumo, entende-se que o Canadá conta com um sistema de inovação consolidado que se apoia:

- em uma rede de centros de excelência em formação e pesquisa, e que se renova com a participação da iniciativa privada;
- no suporte governamental por meio de diferentes modalidades, tanto para estimular o desenvolvimento tecnológico e a inovação, incluídos mecanismos fiscais para encorajar as empresas a realizar atividades de P&D, quanto para executar programas de incentivo a parcerias público-privadas; e
- num parque produtivo denso e integrado, com empresas locais e subsidiárias estrangeiras nos níveis mais elevados da cadeia de valor aeronáutico e com inserção internacional.

Na comparação com os Estados Unidos, como esperado, o sistema de inovação canadense fica em desvantagem, pois a magnitude dos recursos envolvidos é muito inferior – em termos de capital, recursos humanos, ou investimentos públicos, conforme sugerido anteriormente. Mas esses sistemas guardam em comum o fato de o Estado, nos dois países, conferirem uma explícita prioridade ao segmento, o que encontra paralelo em um comportamento também ativo das empresas.

É digno de nota que o sistema canadense também é marcado por *clusters* de alta complexidade, mais avançados do que o brasileiro, como veremos a seguir.

4 O SISTEMA BRASILEIRO DE INOVAÇÃO NO SETOR AERONÁUTICO

4.1 A dinâmica do setor

O Brasil é o único país emergente bem-sucedido no ciclo completo da produção de aviões – desde o projeto e o desenvolvimento de aeronaves até sua comercialização.[25]

A exemplo de outros países, o Estado teve papel fundamental na estruturação da indústria aeronáutica brasileira. O projeto deu seus primeiros passos nos anos 1950, quando foram criados o atual Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA)[26] e, como parte dele, o Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA), inspirados na experiência do Massachusetts Institute of Technology (MIT). O objetivo era criar em um único espaço físico um centro de formação de recursos humanos e desenvolvimento de pesquisas e tecnologias para o setor, em torno do qual orbitariam as empresas.

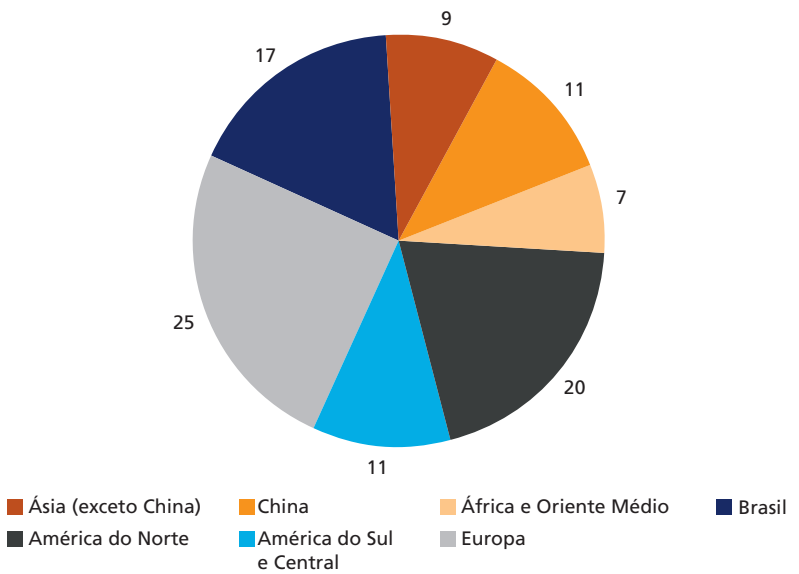
Por não reunir todas as competências profissionais para consolidar esse projeto, o Estado mobilizou professores estrangeiros com experiência em aeronáutica para contribuir nos processos de aprendizado e transferência de tecnologia. Levou aproximadamente uma década para que esses investimentos dessem resultados. Em 1969, a então Empresa Brasileira de Aeronáutica S.A (Embraer) foi criada pelo governo, como empresa pública de capital misto, passando a produzir em escala comercial o primeiro projeto nacional de um avião, o Bandeirante, elaborado pela equipe do DCTA. Com apoio governamental, especialmente via política de compras de aeronaves militares e formação de profissionais de excelência, a Embraer alçou voo e conseguiu muito rapidamente conquistar o mercado internacional no segmento de aeronaves civis de pequeno porte, primeiro com o modelo Bandeirante, depois com o Brasília.[27]

25. Não trilharam a mesma trajetória países como Índia, Indonésia, Turquia e Argentina, que chegaram a investir em projetos próprios de aviões mas não conseguiram consolidar uma indústria competitiva. A China vem buscando se estabelecer nesse mercado, porém seu sucesso ainda está indefinido, uma vez que o país não tem presença global nesse setor (Toledo, 2013).
26. Originalmente, Centro Técnico de Aeronáutica.
27. Para uma história mais detalhada da Embraer, ver Silva (1998) e Miranda (2007).

BOX 4
Embraer em números (2013)

Receita: US$ 6,2 bilhões (12% superior a de 2012)
Entregas: 215 entregues
Exportações: US$ 4,1 bilhões
Backlog: US$ 18,2 bilhões
Empregados: 19.278
P&D: US$ 74,7 milhões (cerca de 1% da receita líquida)

Distribuição da receita – 2013 (%)



Fonte: Embraer (2014).

Atualmente, a Embraer destaca-se como ícone da indústria aeronáutica brasileira e maior exportadora no segmento de alta tecnologia. Sua trajetória foi marcada por forte crise e um profundo processo de reestruturação após sua privatização nos anos 1990. Nesse novo contexto e condição, lançou mão de uma estratégia inédita de desenvolvimento compartilhado de projeto (as chamadas *parcerias de risco*) e, dessa forma, conseguiu produzir a família ERJ, com a qual ingressou no mercado de jatos regionais e passou a competir diretamente com a Bombardier.

A qualidade e o preço competitivo do avião brasileiro permitiram à Embraer sair-se vitoriosa nos Estados Unidos, na Europa, no Oriente Médio e na Ásia. A companhia brasileira está à frente da concorrente canadense, sendo a líder global

no segmento de jatos regionais (até 130 assentos), com mais de 50% do mercado (Basile, 2014). A empresa também assumiu a primeira posição no mercado de jatos leves (executivos), no qual obteve uma participação de 65% em 2013 (Silveira, 2014). Esses resultados fazem da Embraer uma das principais empresas de aviação do mundo.

As empresas do setor no país apresentaram dinâmica positiva nos últimos anos. Em 2012, foram gerados mais de 25 mil postos de trabalho (AIAB, 2013), e somente a Embraer gerou mais de R$ 13 bilhões em receita e mais de R$ 10 bilhões em exportações no ano de 2013 (Embraer, 2014, p. 46). Destaca-se que suas vendas a colocaram na sétima posição entre as maiores empresas exportadoras brasileiras, atrás da Vale, Petrobras, Bunge, BRF, Cargil e ADM (Barbosa, 2014).

A despeito desse desempenho, os resultados do setor no Brasil nos últimos anos foram inferiores aos do Canadá. Essa diferença está relacionada, em grande parte, às características da indústria brasileira, que possui uma única integradora, a Embraer, amparada por uma rede local de fornecedores tanto pouco desenvolvida quanto modesta em termos de intensidade tecnológica. Há empresas mais avançadas, com competência em projetos e desenvolvimento de tecnologias – a exemplo da Ael, Cenic, Eleb, Elebra, Aeroserv, Akaer e FibraForte –, mas a grande parcela concentra-se nos níveis mais baixos da cadeia de valor, notadamente voltadas a atividades como usinagem, estamparia e tratamentos químicos (Lima *et al.*, 2005). Os produtos mais complexos e de maior valor agregado são produzidos por fornecedores estrangeiros, a maioria deles localizada no exterior.[28] A distância com relação a esses fornecedores de primeiro e segundo níveis acarreta desvantagens para a indústria brasileira, pois tende a dificultar a troca de conhecimento e a aumentar os custos de desenvolvimento, já muito elevados no setor aeronáutico.[29] Além disso, o porte menor das empresas brasileiras restringe o poder de investimento, distanciando-se dos padrões dos fornecedores internacionais.

A maioria dessas empresas encontra-se no entorno da sede da Embraer, na região de São José dos Campos, no estado de São Paulo. Outras empresas que compõem o *cluster* aeronáutico, e que não necessariamente se situam na região de São José dos Campos, são GE/Celma, Aeroeletrônica, Rolls Royce, Aeromot, Helibras, Neiva e, mais recentemente, a Novaer Craft, fabricante do avião T-Xc, cujas estruturas são inteiramente em fibra de carbono – uma tendência e ao mesmo tempo um desafio que está sendo perseguido pelas empresas do setor na atualidade.

O quadro 7 traz as empresas do segmento aeronáutico associadas à AIAB e suas respectivas áreas de competência.

28. Os poucos fabricantes estrangeiros instalados no Brasil, como a Pratt & Whitney, Sonaca e Rockwell Collins, não desenvolvem aqui atividades muito complexas do processo produtivo, voltando-se mais à montagem e manutenção de peças e equipamentos.
29. Os custos de desenvolvimento da família de aeronaves 170/190, da Embraer, por exemplo, ficaram acima de US$ 800 milhões, ao passo que para o projeto da Airbus (A380, com 550 assentos) os custos estimados ultrapassavam US$ 12 bilhões (Lima *et al*., 2005, p. 11).

QUADRO 6
Empresas do setor aeronáutico assoacidas à AIAB

	Aeronáutica							Propulsão			Sistemas e equipamentos				CNS/ATM[1] Meteorologia		
Empresas	Aviões	Helicópteros	Conjuntos estruturais	Partes estruturais	Serviços industriais	Serviços de engenharia	Serviços de manutenção	Motores	Peças e componentes	Serviços	Aviônicos	Equipamentos	Integração de sistemas	Serviços de manutenção	Sistemas	Equipamentos	Integração
Total	**4**	**1**	**9**	**12**	**7**	**10**	**7**	**3**	**2**	**10**	**5**	**6**	**5**	**5**	**2**	**1**	**2**
Ael											X	X					
Aeromot	X		X	X	X	X	X			X		X	X				
Akaer						X											
Alestis			X	X													
Ambra						X				X							
Atech															X		X
Atmos															X	X	
Avibrás	X		X	X		X								X			
Avionics											X	X		X			
Cenic			X	X	X												
Comaf							X										X
Digex							X										
Eleb				X								X	X	X			
Embraer	X		X	X	X	X	X										
Equatorial													X				
Fibraforte				X	X												
Focal										X							
Flight Technologies						X					X						
Geometra																	
GE Celma								X		X							
Helibras		X	X	X		X	X					X	X				
InbraAerospace				X													

(Continua)

(Continuação)

	Aeronáutica							Propulsão			Sistemas e equipamentos				CNS/ATM[1] Meteorologia		
Empresas	Aviões	Helicópteros	Conjuntos estruturais	Partes estruturais	Serviços industriais	Serviços de engenharia	Serviços de manutenção	Motores	Peças e componentes	Serviços	Aviônicos	Equipamentos	Integração de sistemas	Serviços de manutenção	Sistemas	Equipamentos	Integração
Konatus										X							
Latecoere do Brasil			X	X													
Leap							X										
Mectron					X	X					X	X	X	X			
Novaer Craft	X		X	X	X	X	X										
Orbisat											X						
Parker Hannifi																	
Pratt & Wthiney Canadá do Brasil										X							
Polaris								X	X								
Rockwell Collins do Brasil														X			
Rolls-Royce Brasil									X	X							
Sobraer			X	X													
Tropical										X							
Troya					X	X				X							
Turbomeca do Brasil								X		X							

Fonte: AIAB (2013).
Nota: [1] CNS/ATM significa comunicação aeronáutica, navegação aérea, vigilância e gerenciamento de tráfego. De modo geral, a expressão é usada para tratar do controle do espaço aéreo.

Tendo em vista esse contexto e as novas tendências para o mercado aeronáutico, um sinal de alerta acende para o Brasil. Primeiro, há de se considerar que o ambiente de concorrência pode se alterar no médio prazo, em face da estratégia de novos entrantes, como Japão, China e Rússia, que buscam fazer suas respectivas indústrias aeronáuticas decolarem, estimulados pelas perspectivas de crescente demanda por aviões regionais nos próximos anos.[30] É verdade que o sucesso dessas empresas ainda é duvidoso,[31] visto que o lançamento de algumas dessas aeronaves no mercado já foi adiado mais de uma vez. Estes são os casos do Japão e da China: a japonesa Mitsubishi Regional Jet estima que sua aeronave, MRJ90, deva entrar em serviço a partir de 2016; a chinesa Aviation Industry Corporation of China (Avic), por sua vez, trabalha no modelo ARJ21, um projeto iniciado em 2002 que amarga recorrentes problemas e atrasos. Mas ainda que não seja claro quão promissores serão esses projetos, a perspectiva de entrada desses novos *players* impõe maiores desafios à Embraer, que luta para manter-se competitiva no mercado e se projetar de forma mais agressiva na Ásia.

Um segundo aspecto, talvez ainda mais desafiador, é a entrada em vigor de novos padrões ambientais e de segurança que devem ter impactos profundos no mercado da aviação. Essa perspectiva tem mobilizado a indústria aeronáutica dos diferentes países a investir pesadamente em novas tecnologias que melhorem as características e desempenho dos aviões, em termos de produção de ruídos, de emissões e consumo de combustível, visando atender exigências de sustentabilidade (aeronaves menos poluentes e mais silenciosas), mas também à diminuição das despesas operacionais para as companhias aéreas. Como vimos, nos Estados Unidos e no Canadá estão em curso diversas iniciativas conjuntas entre os setores público e privado orientadas para esses fins, parcerias que se mostram necessárias, tendo em vista que está em jogo um novo conceito de aeronave: disruptivo, com enormes desafios tecnológicos a vencer.

O setor aeronáutico brasileiro precisa obrigatoriamente encontrar seu lugar nesse debate, o que significa identificar nichos de competência em que é mais competitivo e tem maiores chances de sucesso, e investir intensivamente em P&D, formação de pessoal, absorção e geração de tecnologias. Sem esforços nessa direção, as chances de o Brasil manter-se entre os líderes desse mercado nos próximos quinze anos não parecem muito promissoras.

30. Projeções da Embraer (2012) para o segmento da aviação regional são mais otimistas do que as da Boeing: preveem uma demanda de 6.795 novos jatos no segmento de 30 a 120 assentos, ou o equivalente a cerca de US$ 315 bilhões – parte desse volume para substituição de aeronaves. Com isso, a frota desse porte de jatos regionais em operação no mundo aumentaria de 4.150, em 2011, para 7.375, em 2031. De forma similar ao estudo da Boeing, estimou-se que o centro de gravidade desse mercado se deslocará para a Ásia, especialmente a China, enquanto o Oriente Médio também deve se sobressair com altas taxas de crescimento.

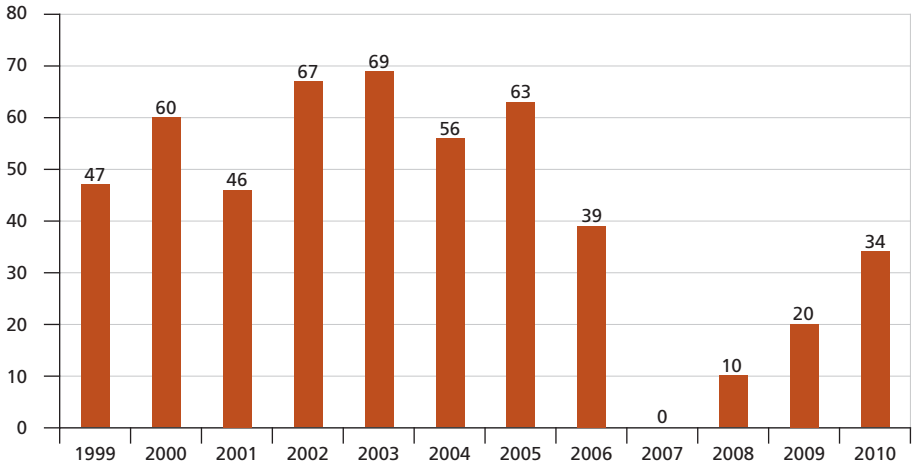
31. Ver Toledo (2013).

4.2 Políticas de apoio ao setor

No que concerne às políticas públicas de investimento praticadas atualmente, o Brasil não dispõe de uma estratégia própria para o segmento. Há programas e instrumentos que podem ser acionados pelas diferentes instituições com atividades no setor. Nesse cenário, a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) e o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) destacam-se como principais instituições de apoio ao segmento.

O BNDES é fundamental para viabilizar as vendas da Embraer, por meio do financiamento às exportações e do programa de equalização de juros. Estes representam instrumentos ainda mais importantes no período pós-crise internacional, quando se tornou mais difícil o acesso ao crédito nos bancos estrangeiros. Nos últimos anos, esse banco tem sido importante também no apoio às vendas de jatos comerciais e executivos no mercado doméstico. Os dados para o período de 1999 a 2010 mostram essa participação sistemática do BNDES nas vendas da Embraer, chegando a apoiar 52% dos jatos comerciais e 29% dos modelos executivos vendidos em 2010. Ao longo desses anos, apenas em 2007 o BNDES não teve participação nos resultados das empresas, com 100% das transações realizadas com fontes de financiamento privado ou externas (Fonseca, 2012, p. 53). O gráfico 8 mostra a participação do BNDES nas vendas em relação à receita operacional líquida (ROL).[32]

GRÁFICO 8
Volume de vendas da Embraer apoiadas pelo BNDES *versus* ROL
(Em %)



Fonte: Fonseca (2012, p. 53).

32. Outras formas de apoio do BNDES ao setor aeronáutico são o crédito para operações de pré-embarque, do qual a Embraer beneficia-se para a produção de aeronaves, e o programa ProAeronáutica, destinado a pequenas e médias empresas.

A Finep oferece suporte ao desenvolvimento tecnológico, à pesquisa e à inovação nas empresas, nas modalidades de crédito e subvenção econômica. Estimativas da instituição apontam que, nas operações de crédito realizadas entre 2011 e 2013, as empresas do setor aeronáutico absorveram menos de 4% dos R$ 10,6 bilhões aprovados, proporção que sobe para aproximadamente 11% no caso dos recursos de subvenção disponibilizados nos editais lançados de 2006 a 2010, no total de R$ 1,6 bilhão.

Em 2013, os recursos para o setor ganharam um reforço importante com o lançamento do InovaAerodefesa, mais uma linha de apoio do programa InovaEmpresa, que une diferentes instituições e instrumentos públicos na promoção de projetos inovadores. Só por essa característica, esse programa já possui um grande mérito, pois consegue atacar um dos problemas do ambiente de inovação brasileiro: a necessidade das empresas recorrerem a diferentes instituições para obter recursos, sendo obrigadas a "retalhar" os projetos e ter de lidar com prazos e regras de fontes diversas. Ao optar por uma "porta de entrada única", o programa representa um passo importante na redução de custos de transação, conferindo maior agilidade e foco às atividades das entidades públicas e privadas.

No caso do InovaAerodefesa, trata-se de uma parceria entre a Finep, o BNDES, o Ministério da Defesa (MD) e a Agência Espacial Brasileira (AEB), por meio da qual foram disponibilizados R$ 2,9 bilhões para projetos temáticos nas áreas aeroespacial, de defesa, de segurança e de materiais especiais. Para o edital de 2013, candidataram-se setenta empresas, totalizando R$ 10 bilhões em demanda; desse conjunto, foram selecionadas 64 empresas e sete instituições de ciência e tecnologia (ICTS). A tabela 6 apresenta as estimativas totais de demanda e aquela referente às empresas do setor aeronáutico.[33]

TABELA 6
Estimativas de demanda no âmbito do Programa InovaAerodefesa

Modalidade de recurso disponível	Selecionados		Setor aeronáutico	
	Número	R$	Número	R$
Crédito	64 empresas	8,7 bilhões	11 empresas	1,9 bilhão
Subvenção econômica	22 empresas	149,9 milhões	2 empresas	44,0 milhões
Cooperativo ICT/empresa	7 ICTs	20,9 milhões	5 ICTs	15,6 milhões

Fonte: Finep.

33. Adicionalmente, a Finep e o BNDES, juntamente com a Embraer e a Agência de Desenvolvimento Paulista (Desenvolve SP), alocaram recursos na constituição do Fundo de Investimento em Participações-Aeroespacial (FIP), com foco em tecnologia, na modalidade *corporate venture* – uma novidade no país. O objetivo é incentivar o desenvolvimento de tecnologias mais complexas no setor, em áreas como segurança de sistemas, transmissão de dados, óptica, monitoramento via GPS, aviônica e integração de sistemas. O FIP entrou em atividade em 2014 com um patrimônio de R$131,3 milhões, sendo: R$40 milhões da Embraer, Finep e BNDES cada um, R$10 milhões da Desenvolve SP, e R$ 1,3 milhão da gestora do fundo.

A expansão do setor no Brasil também se beneficiou nos últimos anos do lançamento da Estratégia Nacional de Defesa (END), em 2008. Com a END, as Forças Armadas voltaram a fortalecer seu papel no desenvolvimento do setor, posto que seu orçamento aumentou e elevou seu poder de demanda, pouco expressivo durante toda a década de 1990 e início dos anos 2000. A recuperação orçamentária permitiu que novas encomendas fossem feitas ao setor de defesa, favorecendo a revitalização da indústria militar brasileira e a expansão da Embraer nesse mercado.[34]

Entre as contratações realizadas pelo MD no âmbito da END, destacam-se dois grandes contratos com a Embraer. Primeiro, o desenvolvimento e produção do jato de transporte militar KC-390, em conjunto com a Força Aérea Brasileira (FAB). O contrato, no valor de R$ 7,2 bilhões, prevê a entrega de 28 aeronaves em dez anos e permitirá expressivos avanços tecnológicos para a empresa, dado o elevado padrão de desempenho especificado para a aeronave. Segundo, o Programa FX-2, por meio do qual serão adquiridos 36 caças Gripen NG por cerca de R$ 10,5 bilhões. A empresa sueca Saab e a Embraer são parceiras no gerenciamento conjunto do projeto e fabricação das aeronaves, que devem apresentar um índice crescente de nacionalização de partes e peças.

Outras fontes de apoio que merecem menção são os recursos disponibilizados pelas fundações de amparo à pesquisa, particularmente a Fapesp, no estado de São Paulo, e a Fapemig, no estado de Minas Gerais, as quais dão suporte à pesquisa voltada ao setor aeronáutico, motivadas, sobretudo, pela presença de instituições acadêmicas e empresas do segmento nas respectivas regiões, como a Embraer e a Helibras. A Fapesp, por exemplo, criou, no início dos anos 2000, o Programa Parceria para Inovação em Ciência e Tecnologia Aeroespaciais (Picta), uma variante do Programa de Apoio à Pesquisa em Parceria para Inovação Tecnológica (Pite), destinado a apoiar pesquisas realizadas de forma integrada pelas universidades e o setor produtivo.[35] A fundação paulista também teve participação na construção do Laboratório de Estruturas Leves (LEL), que entrou em operação em maio de 2014 no Parque Tecnológico de São José dos Campos, e contou com aporte de R$ 46,7 milhões entre recursos públicos e privados (Arantes, 2014). A Fapemig,

34. Vale citar que a END estabelece margem de preferência de até 25% do preço para produtos manufaturados no país, em acordo com as normas técnicas nacionais, medida que visa aliar a capacidade de defesa à promoção do desenvolvimento da indústria brasileira. Segundo Schmidt e Assis (2013, p. 23), esse pode ser considerado "[o] aspecto mais revolucionário das inovações recentes na legislação".

35. O primeiro projeto aprovado pelo Picta, em 2001, ficou conhecido como *Túnel de Vento*, e tinha por foco trabalhar novos métodos para aumentar a produtividade e a confiabilidade dos ensaios aerodinâmicos realizados no país. O projeto encerrou-se oficialmente em 2008 e entre seus parceiros estavam o ITA, a Universidade de São Paulo, em São Carlos, e a Embraer (FAB, 2009). Entre 2008 e 2013, a Fapesp apoiou outros projetos em que a Embraer constou como parceira, em áreas como: materiais compósitos, fuselagem, ensaios de materiais, acústica, aerodinâmica, ergonomia e biocombustíveis. Este último tema foi objeto de um projeto que contou também com a participação da Boeing, e visava identificar matérias-primas para produção de biocombustíveis para aviões. O documento que aponta oportunidades para o desenvolvimento desses combustíveis alternativos no Brasil foram divulgados em 2013. Somados, os resultados desses trabalhos devem contribuir para que a indústria brasileira ofereça aeronaves mais confortáveis, silenciosas, seguras e eficientes.

por sua vez, apoia a formação de um polo aeroespacial em Minas Gerais, tendo como núcleo o município de Itajubá, onde são produzidas as aeronaves de asas rotativas da Helibras; um dos objetivos é a criação de um Centro Tecnológico de Helicópteros (CTH) que permita ao Brasil vir a dominar as tecnologias de concepção e desenvolvimento desse tipo de aeronave. O projeto do centro, orçado em R$ 6 milhões, foi financiado pela fundação mineira.

Com efeito, diante dos novos desafios mencionados anteriormente, as ICTs, enquanto lócus, por excelência da pesquisa básica e aplicada, da pesquisa na fronteira do conhecimento e da formação de recursos humanos de alto nível, ganham uma envergadura ainda mais proeminente nas discussões.

No caso da formação de pessoal, o Brasil forma atualmente pouco mais de cem engenheiros aeronáuticos/aeroespaciais por ano. Em 2012, foram graduados 112, segundo o Observatório da Inovação/USP, 2014. As principais universidades que oferecem cursos na área de engenharia aeronáutica e/ou aeroespacial são:

- Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA);
- Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG);
- Universidade de São Paulo, em São Carlos (USP-São Carlos); e
- Universidade Federal de Uberlândia (UFU).[36]

Diante dessa realidade, há programas públicos e privados para acelerar a oferta de engenheiros. O ITA, por exemplo, está em processo de reestruturação e tem por meta duplicar o número de vagas disponíveis nos próximos dois anos. A Embraer, por sua vez, criou, em 2001, um mestrado profissionalizante, em parceria com o ITA, que visa capacitar engenheiros para atuar na empresa. Trata-se do Programa de Especialização em Engenharia (PEE), por meio do qual já foram formados cerca de 1,3 mil engenheiros, todos empregados na Embraer.

No âmbito da engenharia e pesquisa tecnológica, há um grupo de instituições que desenvolve trabalhos relevantes no setor aeronáutico, como mostra o quadro 7.

QUADRO 7
Principais instituições de pesquisa no setor aeronáutico

Instituição	Principais áreas de competência
Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA)	Materiais compostos, ruído, vibração, aeronáutica (aeroelasticidade, aerodinâmica, mecânica de voo, superfícies) Em parceria com o MIT/Estados Unidos, o ITA está construindo um novo centro de inovação voltado à renovação do ensino e pesquisa em engenharia aeronáutica.

(Continua)

36. Mais recentemente, as seguintes universidades passaram também a oferecer cursos nessas áreas: Universidade Federal de Itajubá (Unifei), Universidade Federal do Grande ABC (UFABC), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Universidade de Taubaté (Unitau), Universidade Vale do Paraíba (Univap) e Universidade Paulista (Unip).

(Continuação)

Instituição	Principais áreas de competência
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT/SP)	Materiais compósitos e metálicos (fibras, colagens, ligas, soldagens, entre outros)
Universidade de Minas Gerais (UFMG)	Física do voo, aeronáutica
Universidade de São Paulo (USP) e de São Carlos (USP-São Carlos)	Controladores, ruído, vibração e materiais compósitos
Universidade Federal de Uberlândia (UFU)	Estruturas
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – Unesp Campus de Ilha Solteira	Estruturas
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – Unesp Campus de Guaratinguetá	Materiais compósitos
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)	Ruído e vibração
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)	Acústica
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)	Estruturas
LSI-TEC – Associação do Laboratório de Sistemas Integráveis Tecnológico	Sistemas eletrônicos

Fonte: Levantamento realizado junto a especialistas do setor.

Além disso, duas novas redes nacionais vinculadas ao setor aeronáutico foram criadas a partir do edital nº 15/2008 (MCT/CNPq/FNDCT/Capes/Fapemig/Faperj/Fapesp), conforme a seguir.

1) O Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Estruturas Inteligentes em Engenharia (INCT-EIE), que reúne laboratórios de pesquisa voltados ao estudo de sistemas estruturais e materiais avançados. O EIE tem como instituição sede a Faculdade de Engenharia Mecânica da UFU e possui laboratórios associados na USP-São Carlos, UFRJ, ITA, Universidade Estadual de São Paulo – Ilha Solteira (Unesp-Ilha Solteira), Universidade de Brasília (UnB) e Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), além de trabalhos em colaboração com laboratórios estrangeiros.

2) O Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Sistemas Embarcados Críticos (INCT-SEC), que é voltado ao processamento de dados de computação ou eletrônica, com ênfase em veículos aéreos, terrestres, aquáticos e subaquáticos autônomos. A sede do SEC está localizada no Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC) da USP-São Carlos, atuando em associação com o ITA, USP, Unesp-Rio Preto, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Universidade Federal do Amazonas (Ufam), Universidade Federal de Goiás (UFG), Universidade Estadual de Maringá (UEM) e Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS), além de um conjunto de empresas.

Ao tomarmos um dos programas mais recentes implementados pelo governo federal, o InovaAerodefesa, pode-se observar que há um campo enorme para

estreitamento dos laços entre instituições de pesquisa e empresas que atuam no setor. O quadro 8 mostra algumas parcerias promissoras que foram aprovadas pelo BNDES e pela Finep como consequência do edital público.

QUADRO 8
Parcerias universidade-empresa submetidas ao Programa InovaAerodefesa

Empresa líder	Escopo	ICTs
AEL Sistemas S.A.	Desenvolvimento, produção, qualificação e ensaios de voo do microssatélite, multimissão militar MMM-1	União Brasileira de Educação e Assistência (Ubea) da PUCRS
	Desenvolvimento, produção, qualificação e ensaios de voo do microssatélite, multimissão militar MMM-1	Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos)
	Desenvolvimento, produção, qualificação e ensaios de voo do microssatélite, multimissão militar MMM-1	Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
	Desenvolvimento, produção, qualificação e ensaios de voo do microssatélite, multimissão militar MMM-1	Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
AEQ Aliança Eletroquímica Ltda.	Desenvolvimento de baterias de íon-lítio de alto desempenho e uso militar	Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE)
Akaer Engenharia Ltda.	Desenvolvimento tecnológico	ITA
	Implantação de unidade fabril	ITA
	Validação e certificação	I ITA
Compsis Computadores e Sistemas Indústria e Comércio Ltda.	ACDH SAT e Sara	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe)
Embraer S.A.	Configuração avançada para redução de ruído	Escola de Engenharia de São Carlos
	Configuração avançada para redução de ruído	Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
	Aplicação de compósito em asa alongada	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT)
	Aplicação de compósito em asa alongada	ITA
	Estudos avançados em física de voo	ITA
	Configuração avançada para redução de ruído	ITA
	Configuração avançada para redução de ruído	Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
Fibraforte Engenharia, Indústria e Comércio Ltda.	Propulsor mono-propelente 400N	Inpe
Globo Central de Usainagem Ltda.	Desenvolvimento e absorção de tecnologias aplicáveis à fabricação do motor foguete a propelente líquido L75	IAE
IACIT Soluções Tecnológicas Ltda.	Sistema de vigilância dependente automática por radiodifusão nacional	Instituto de Controle do Espaço Aéreo (Icea)
Novaer Craft Empreendimentos Aeronáuticos S.A.	Projeto de tecnologias em processos	Fundação Centros de Referência e Tecnologias Inovadoras (Certi)
Odebrecht Defesa e Tecnologia	Desenvolvimento do sistema de supervisão de bordo e de controle de atitude e órbita e sua integração na segunda geração da plataforma multimissão	Inpe

Fonte: Informações obtidas junto à Finep.

É digno de nota também os esforços mais amplos que estão sendo envidados para estruturar o Programa Nacional de Plataformas do Conhecimento (PNPC), lançado pela presidente Dilma Rousseff (junho de 2014). Segundo o Decreto Presidencial nº 8.269, de 25 de junho de 2014, "considera-se plataforma do conhecimento a empresa, o consórcio ou a entidade privada sem fins lucrativos que reúna agentes públicos e privados que atuem em conjunto para obter resultados concretos para a solução de problema técnico específico ou obtenção de produto ou processo inovador de elevado risco tecnológico com metas e prazos definidos" (Art. 2º).

Voltadas para articular instituições públicas e privadas a fim de atenderem demandas estratégicas do Estado brasileiro, as plataformas podem ser uma oportunidade para que a indústria aeronáutica venha a contar com recursos materiais e financeiros em uma escala ainda inédita no Brasil, baseada em pesquisa e engenharia de última geração. Essa nova perspectiva alarga os horizontes de uma indústria que precisa acelerar, ampliar e aprofundar sua P&D de modo a competir em melhores condições tecnológicas para lograr possibilidades reais de êxito.

Nessa chave, o PNPC se apoia em diagnóstico semelhante ao já apresentado pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), que tem defendido a criação de um programa de Plataformas Demonstradoras Tecnológicas (PDTs) para o setor aeronáutico brasileiro. Em grandes linhas, as PDTs recebem esse nome por abrigarem uma série de projetos inter-relacionados, como aqueles que convergem para um projeto de asa de avião, por exemplo. Um dos principais objetivos é atuar na fase de pesquisa pré-competitiva, caracterizada pelo conjunto de testes e ensaios realizados após os desenvolvimentos no laboratório e antes da introdução do produto no mercado.[37] O apoio a essa fase do processo de desenvolvimento produtivo tem se tornado, cada vez mais, uma preocupação dos países. O levantamento de iniciativas de PDTs para o segmento aeronáutico na Europa, nos Estados Unidos e no Canadá identificou programas bilionários, de um modo ou de outro convergindo para a questão ambiental – redução de emissões, eficiência energética etc.

Por isso, a ABDI concluiu ser

> necessário e urgente o Brasil adotar programas semelhantes (...) já que as aeronaves estão passando por mudanças tecnológicas significativas em seus materiais, na sua configuração aerodinâmica e em sistemas de controle de voo, mudanças que necessitam de certificação, de avaliação de segurança e de comportamento ao longo do tempo, características básicas que justificam um demonstrador tecnológico (ABDI, 2014, p. 13).

37. Para que um novo modelo de avião seja liberado para comercialização, há um longo percurso a trilhar, que envolve inúmeros ensaios, testes de materiais, de fadiga, de pressão etc., a fim de garantir que o produto oferece segurança e está em condições de ser certificado.

Ou seja, há um reconhecimento nas diferentes instâncias do governo da necessidade de direcionar esforços para alavancar o setor aeronáutico, sendo possível encontrar iniciativas e propostas avançadas – como o InovaAerodefesa, a reestruturação do ITA, o uso do poder de compra governamental – em andamento e com potencial para acelerar o desenvolvimento do setor no país. Não há dúvidas de que o Brasil progrediu significativamente na oferta de instrumentos de apoio à inovação na última década.

Mas como vimos nos casos dos Estados Unidos e no Canadá, os projetos de grande envergadura têm na infraestrutura de ciência e tecnologia um ponto fundamental de apoio – nessas instituições são investidas somas elevadas de recursos, de modo a torná-las aptas a desenvolver tecnologias de ponta que possam ser repassadas ao setor industrial, um parceiro recorrente nos inúmeros projetos, sempre com vistas a produzir melhores resultados na economia. No Brasil, no entanto, esses laços ainda necessitam ser fortalecidos.

Nesse contexto, um passo importante para facilitar a articulação entre os centros de pesquisa e as empresas, ou entre a pesquisa pública e a privada, é conhecer a capacidade instalada, a qualidade dos pesquisadores e as condições dos laboratórios de modo a explorar todas as potencialidades existentes.

Com esse intuito, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Finep, em parceria com o Ipea, realizaram um levantamento da infraestrutura de CT&I disponível no país, nas universidades e nos centros de pesquisa, o qual serviu de ponto de partida para este trabalho. A próxima subseção discute os resultados desse esforço de coleta de dados, tendo como foco o setor aeronáutico. Debates dessa natureza são de grande relevância para subsidiar programas e ações que tenham no fortalecimento do sistema de inovação uma alavanca para o desenvolvimento econômico.

4.3 Universo e características da infraestrutura de CT&I que trabalha direta, indiretamente ou com potencial para apoiar o setor aeronáutico

As informações sobre a infraestrutura de pesquisa científica e tecnológica reunidas mediante a iniciativa conjunta do MCTI/CNPq/Finep/Ipea correspondem a um total de 1.760 entidades, entre laboratórios, plantas-piloto, observatórios e estações ou redes de monitoramento.

Nesse conjunto, procuramos identificar as infraestruturas que têm ou podem ter relações com o setor aeronáutico. Chegou-se a um resultado de 204 infraestruturas (anexo). A seleção foi realizada a partir da definição de palavras-chave sugeridas por especialistas na área: *acústica, aero, aeronáutica(o), aeroespacial, aeronave, corrosão, fluído, liga metálica, manufatura avançada, manufatura aditiva, material(is)*

compósito(s), propulsão, prototipagem, sistema embarcado, soldagem. Essas palavras foram utilizadas em uma busca em campos específicos da base (nome da infraestrutura, descrição da infraestrutura, grande área, área do conhecimento e setor de atividade), permitindo identificar instituições que tradicionalmente atuam junto ao setor, como os laboratórios do ITA, assim como laboratórios que trabalham indiretamente ou que têm potencial para apoiar o setor aeronáutico.

Desse prisma, é importante frisar que se trata de uma amostragem e não do universo exaustivo de instituições, centros, laboratórios, equipamentos e pesquisadores com atividades relacionadas ao setor aeronáutico. Por exemplo, o ITA conta com mais de quarenta laboratórios, mas menos da metade participou do levantamento. Outras instituições, sabidamente atuantes no setor, como os laboratórios de engenharia aeroespacial da Universidade Federal de Itajubá (Unifei), também não estão representados na amostra.

Mesmo assim, consideramos que o levantamento tem representatividade, principalmente porque conseguiu detectar uma série de laboratórios, nem sempre classificados como parte do setor aeronáutico, mas com forte interface com este, que ajudam a compor o quadro de potencialidades de pesquisa para essa indústria – como alguns que atuam no segmento de petróleo e gás, por exemplo.

4.3.1 Características dos laboratórios selecionados

Pelos critérios descritos, o levantamento identificou 204 laboratórios[38] que confirmam que o Brasil dispõe de uma infraestrutura laboratorial em expansão, que acompanha, em geral, a localização da indústria, ainda concentrada na região Sudeste. Como se observa na tabela 7, o número de laboratórios nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, e mesmo Sul, mostra grande contraste com o volume verificado na região Sudeste, onde se encontram 75% da infraestrutura aqui analisada. Em termos de área física, apesar de a disparidade ser semelhante, os dados sugerem que a região Sul possui laboratórios de maior porte que a média do universo selecionado, sendo inclusive maior que os da região Sudeste.

TABELA 7
Número de instituições e infraestruturas por região

Região	Número de infraestruturas	Número de instituições	Área física (m²)	Média da área física
Centro-Oeste	7	2	531	75,9
Nordeste	16	8	1.253	78,3
Norte	4	4	1.518	379,5
Sudeste	152	43	76.751	504,9
Sul	25	10	20.071	802,9

Fonte: Dados da pesquisa.

38. Consideramos a categoria laboratório em sentido amplo, que envolve 199 laboratórios e cinco unidades de observatórios e estações ou redes de monitoramento.

Pela tabela 8, nota-se que estamos diante de laboratórios em grande parte jovens, mais da metade criada a partir do ano 2000. O avanço na instalação dessas infraestruturas nos últimos quinze anos coincide com o período em que se nota maior esforço empreendido pelo governo federal para fortalecer as ICTs no país (Miranda e Mirra, 2012), sugerindo que tal expansão seja reflexo desse movimento. Adicionalmente, tendo em vista a presença na amostra de laboratórios com atuação no segmento de petróleo, é plausível supor que esse crescimento mais recente também esteja associado ao volume de recursos injetado nessa área pelo setor e à atenção que passou a ser dedicada ao pré-sal (Turchi *et al.*, 2013).

TABELA 8
Início das operações

Início de operação	Número	**Total dos laboratórios (%)**
Antes de 1970	6	**3,0**
De 1970 a 1979	14	**7,0**
De 1980 a 1989	32	**16,0**
De 1990 a 1999	41	**20,0**
De 2000 a 2009	62	**30,0**
De 2010 a 2012	49	**24,0**

Fonte: Dados da pesquisa.

Reforçando o argumento anterior, a tabela 9 mostra o predomínio dos processos de modernização nos últimos cinco anos.

TABELA 9
Período de modernização

Período de modernização	Número	(%)
Até 1 ano	83	40,7
Entre 1 e 5 anos	67	32,8
Entre 5 e 10 anos	19	9,3
Entre 10 e 15 anos	9	4,4
Não houve	26	12,7

Fonte: Dados da pesquisa.

A classificação das infraestruturas por grandes áreas do conhecimento confirma a presença marcante das engenharias. Contudo, chama atenção a existência de laboratórios que se autoclassificam como integrantes de outras áreas, particularmente ciências exatas e da terra, o que sugere um nível mais elevado de interfaces e de maior multidisciplinaridade.

TABELA 10
Laboratórios por grandes áreas do conhecimento e UF[1]

UF	Ciências exatas e da terra	Engenharias	Ciências agrárias	Ciências da saúde	Ciências biológicas
Bahia	2	8	0	0	0
Ceará	1	1	0	0	0
Distrito Federal	1	6	0	0	0
Espírito Santo	1	2	0	0	0
Mato Grosso do Sul	0	1	0	0	0
Minas Gerais	2	23	0	0	0
Paraná	1	6	0	0	0
Paraíba	2	1	1	0	0
Pará	2	1	0	0	0
Pernambuco	1	1	0	0	0
Rio de Janeiro	10	23	0	1	0
Rio Grande do Norte	0	1	0	0	0
Rio Grande do Sul	4	2	0	0	0
Roraima	1	0	0	0	0
Santa Catarina	7	10	1	0	1
São Paulo	32	82	0	0	1

Fonte: Dados da pesquisa.
Nota: [1] A soma dos laboratórios excede o número total analisado, pois foi permitido aos laboratórios classificarem-se em mais de uma área.

A tabela 11 mostra a alta concentração de investimentos nos laboratórios de engenharia nos últimos cinco anos, confirmando o esforço em andamento para aumentar a capacidade de geração de conhecimento em maior sintonia com empresas do setor aeronáutico.

TABELA 11
Totais por grandes áreas do conhecimento

Grandes áreas	Número de laboratórios	Número de laboratórios com investimento significativo nos últimos 5 anos
Ciências exatas e da terra	67	52
Ciências biológicas	2	2
Engenharias	168	124
Ciências da saúde	1	1
Ciências agrárias	2	2

Fonte: Dados da pesquisa.

Na tabela 12, é possível observar que as agências e empresas públicas federais foram as principais responsáveis pelos investimentos mais recentes, tal como se observou para o conjunto das infraestruturas do levantamento.

TABELA 12
Total de infraestruturas e financiamento por entidade

Financiadora	Número de infraestruturas	Investimento (R$)	(%)
Capes	39	3,1	1,35
CNPq	73	14,9	6,43
Finep	34	31,6	13,57
FAPs	64	19,5	8,40
Própria instituição	69	28,0	12,05
Outra instituição pública	8	4,9	2,09
Petrobras	30	65,5	28,14
Outra empresa pública	2	2,1	0,89
Empresa privada	39	26,6	11,43
Prestação de serviços	32	23,5	10,12
Outra	11	12,8	5,53

Fonte: Dados da pesquisa.

4.3.2 Recursos humanos

O número e a qualidade dos pesquisadores responsáveis pelas atividades desses laboratórios constituem elementos-chave para a dinâmica do sistema de inovação do setor aeronáutico. Desse ponto de vista, os dados indicam alta qualificação dos recursos humanos alocados nos laboratórios em análise, com presença significativamente maior de doutores e mestres.

TABELA 13
Pesquisadores por nível de formação

Titulação	Número de pesquisadores	(%)
Doutorado	660	61,0
Mestrado acadêmico e profissionalizante	203	18,7
Demais níveis de formação[1]	220	20,3

Fonte: Dados da pesquisa.
Nota: [1] Inclui MBA, especialização, graduação, ensino técnico, ensino médio, extensão universitária, cursos de curta duração, e sem informação.

A maioria desses pesquisadores é servidor público (tabela 14), predomínio que se nota também no quadro do apoio técnico (tabela 15), com as possíveis vantagens (estabilidade, carreira) e desvantagens que isso possa acarretar (irregularidade na renovação de pessoal, elevada média de idade, ausência de sistemas meritocráticos consistentes para avaliação, eventuais constrangimentos salariais).[39]

39. O número de pesquisadores por tipo de vínculo excede o número total de pesquisadores em razão de alguns possuírem mais de um vínculo empregatício.

TABELA 14
Pesquisadores, por tipo de vínculo

Tipo de vínculo	Número de técnicos
Servidor/funcionário	686
Celetista	184
Bolsista	211
Pesquisador visitante	30
Outro	60

Fonte: Dados da pesquisa.

TABELA 15
Equipe técnica e administrativa, por tipo de vínculo

Tipo de vínculo	Número de técnicos
Servidor/funcionário	509
Prestador de serviço/tercerizado	137
Outro	104

Fonte: Dados da pesquisa.

4.3.3 Prestação de serviços

Quanto à prestação de serviços externos e internos, a maioria dos laboratórios identificados respondeu positivamente, conforme a tabela 16.

TABELA 16
Laboratórios que prestam serviços

Presta serviços	Número	(%)
Não	50	25,0
Sim	154	75,0

Fonte: Diretório de instituições do CNPq (2014).

Todavia, segundo a tabela 17, esses serviços são prestados majoritariamente à própria rede de pesquisadores – supostamente tanto interna quanto externa ao laboratório. A amostra atual não permite identificar se ocorre evolução ou involução do número de assistências prestadas ao governo, pesquisadores e, em especial, às empresas, visto se tratar de um primeiro levantamento. Contudo, à medida que houver uma cobertura de um período de tempo maior, o tipo de tendência existente poderá ser explicitado.[40]

40. Considerando que o projeto pretende implantar a coleta anual de informações, no futuro próximo um acompanhamento longitudinal deverá ser possível.

TABELA 17
Tipo de cliente e serviços técnicos

Tipo de cliente	Número de infraestruturas	(%)
Pesquisadores	120	40,0
Empresas	111	37,0
Governo	55	18,0
Outro	15	5,0

Fonte: Dados da pesquisa.

Entre os serviços prestados para pesquisadores, predominam, nessa ordem, *ensaios e testes*, *análise de materiais*, *desenvolvimento e aperfeiçoamento de processos* e *consultorias e assessorias*; enquanto para as empresas prevalecem *ensaios e testes*, *consultorias e assessorias*, *desenvolvimento e aperfeiçoamento de produtos*, *desenvolvimento e aperfeiçoamento de processos* e *análise de materiais*. Aqui também se faz necessário avaliar se a demanda por geração de conhecimento em serviços de maior complexidade está crescendo ou não.

TABELA 18
Laboratórios por tipos de serviços prestados e público atendido

Tipo de serviço técnico-científico	Governo	Pesquisadores	Empresas	Outro
Acesso a banco de células, microrganismos	0	1	0	0
Análise de materiais	18	54	43	5
Análise de propriedades físico-químicas	9	32	30	2
Calibração	10	15	24	1
Certificação	2	3	9	0
Consultoria e assessoria	26	40	62	2
Desenvolvimento e aperfeiçoamento de processos	13	45	44	0
Desenvolvimento e aperfeiçoamento de produtos	17	31	48	3
Elaboração e testes de protótipos	16	33	38	1
Ensaios e testes	28	69	71	5
Exames laboratoriais	1	2	5	0
Informação tecnológica	8	20	24	1
Inspeção	4	7	10	0
Manutenção de equipamentos	2	8	4	1
Metrologia	11	11	16	1
Escalonamento	2	4	6	0
Serviços ambientais	1	6	5	0
Outros	3	9	3	2

Fonte: Dados da pesquisa.

Já em relação aos usuários externos,[41] a tabela 19 mostra que os laboratórios são mais utilizados por estudantes de pós-graduação no Brasil e, em segundo

41. Compreende o "pesquisador que utilizou os serviços ou os equipamentos do laboratório no ano-base, e não faz parte da equipe de pesquisadores, técnicos ou estudantes do próprio laboratório e/ou infraestrutura" (De Negri e Squeff, 2014, p. 14).

lugar, por pesquisadores de empresas. A tabela revela também um indicativo de maior interação, no setor aeronáutico, entre as infraestruturas de C&T públicas e a iniciativa privada em comparação aos resultados obtidos para o total da amostra, em que a utilização dos laboratórios por pesquisadores de empresas apareceu em último plano. Porém, há de se notar o grande número de alunos de graduação registrado como usuários, o que também sugere uma forte utilização do laboratório para atividades de docência.

TABELA 19
Tipos de usuários externos

Vínculo do pesquisador usuário	Usuários do Brasil	Usuários do exterior
Alunos de pós-graduação	1058	28
Pesquisadores de empresas	982	55
Alunos de graduação	909	9
Pesquisadores da mesma instituição (exceto a equipe da infraestrutura)	777	22
Pesquisadores de outras instituições	676	82

Fonte: Dados da pesquisa.

Essa tendência é corroborada pelos dados a seguir, que apontam o uso contínuo dos laboratórios para atividades de pesquisa e ensino e extensão – ou seja, docência. O uso para desenvolvimento de tecnologia, muito embora não desprezível, não é predominante. Entretanto, vale registrar, mais uma vez, que esses números não acompanham a tendência geral da amostra, em que o uso contínuo para fins de desenvolvimento tecnológico aparece na terceira posição.

TABELA 20
Tipo de atividade

Intensidade de uso	Contínuo	Alguns dias da semana	Alguns dias do mês	Esporádico
Atividade de pesquisa	151	19	11	13
Atividades de ensino e extensão	78	57	50	73
Desenvolvimento de tecnologia	102	24	16	30
Prestação de serviço	31	16	23	70
Outra	8	0	0	1

Fonte: Dados da pesquisa.

4.3.4 Custos operacionais

Apesar do reconhecimento pelos coordenadores dos laboratórios de que estes foram contemplados com recursos para os memos no período mais recentes, predominam investimentos em equipamentos de pequeno e médio porte (até R$ 1 milhão), como sugere a tabela 21.

TABELA 21
Valor estimado dos equipamentos

Valor estimado (R$ correntes)	Número de infraestruturas	(%)
Até R$ 500 mil	107	52,4
Acima de R$ 500 mil até R$ 1 milhão	30	14,7
Acima de R$ 1 milhão até R$ 3 milhões	34	16,7
Acima de R$ 3 milhões até R$ 5 milhões	34	16,7
Acima de R$ 5 milhões até R$ 10 milhões	9	4,4
Acima de R$ 10 milhões até R$ 20 milhões	7	3,4
Acima de R$ 20 milhões até R$ 30 milhões	2	0,9
Acima de R$ 30 milhões até R$ 50 milhões	2	0,9
Acima de R$ 200 milhões	1	0,5

Fonte: Dados da pesquisa.

O volume registrado como custos e receitas gerados pelos laboratórios da amostra, na tabela 22, acompanha a estimativa anterior em que equipamentos e investimentos concentravam-se nas faixas de menor valor.

A partir desses resultados, seria interessante avaliar em que medida o baixo valor desses equipamentos, dos custos e das receitas condicionam o perfil e a capacidade de geração de conhecimento dos laboratórios, reduzindo o nível de complexidade dos serviços prestados.

TABELA 22
Estimativa do custo operacional e receita dos laboratórios

Valores	Custo operacional	Receita
	Número de infraestruturas	Número de infraestruturas
Até R$ 50 mil	80	45
Acima de R$ 50 mil até R$ 300 mil	54	44
Acima de R$ 300 mil até R$ 500 mil	19	4
Acima de R$ 500 mil até R$ 1 milhão	13	12
Acima de R$ 1 milhão até R$ 2 milhões	9	8
Acima de R$ 2 milhões até R$ 5 milhões	8	13
Acima de R$ 5 milhões	1	4
Não é possível estimar	20	74

Fonte: Dados da pesquisa.

4.3.5 Avaliação dos coordenadores sobre a situação atual dos laboratórios

Finalmente, é importante registrar a avaliação dos coordenadores sobre as infraestruturas que dirigem.

No quesito básico de recursos humanos, a avalição é positiva do ponto de vista da qualificação dos pesquisadores, ou seja, 77% dos coordenadores consideraram-na adequada. O mesmo vale para o número de profissionais de apoio técnico. Porém, já em termos de quantidade de pesquisadores, cerca de 80% avaliaram como pouco adequada (28%) ou inadequada (51%).

TABELA 23
Avaliação dos recursos humanos
(Em %)

Recursos humanos	Adequado	Pouco adequado	Inadequado	Não se aplica
Qualificação dos profissionais	77,3	3,8	1,6	17,3
Número de pesquisadores	20,0	28,1	50,8	1,1
Número de profissionais de apoio técnico	70,3	18,4	3,8	7,6

Fonte: Dados da pesquisa.

Para 62% dos coordenadores, as instalações de infraestrutura são adequadas (34%) e avançadas para os padrões brasileiros (28%). Outros 18% consideraram os laboratórios compatíveis com os melhores do gênero no exterior. No entanto, 16% reconheceram explicitamente sua fragilidade, afirmando serem insuficientes comparados a outras infraestruturas semelhantes no Brasil; e 28% também apontaram a distância que ainda separa a infraestrutura da amostra em relação a similares estrangeiras. Essa informação sugere a necessidade de um esforço concentrado para elevar o patamar da infraestrutura de pesquisa nesse setor.

TABELA 24
Avaliação da capacidade técnica

Avaliação	Número de infraestruturas	(%)
Avançada e compatível com a observada nas melhores infraestruturas do gênero no exterior	36	17,6
Avançada em relação aos padrões brasileiros, mas ainda distante da observada nas melhores infraestruturas do gênero no exterior	58	28,4
Adequada e compatível com a observada em outras infraestruturas do gênero no Brasil	70	34,4
Insuficiente em relação à observada em outras infraestruturas do gênero no Brasil	33	16,2
Não sabe	7	3,4

Fonte: Dados da pesquisa.

Na opinião de 38% dos coordenadores, as instalações físicas são boas ou muito boas, mas uma parcela superior (62%) apontou serem regulares ou ruins, o que significa um sinal de alerta sobre eventuais limites das instalações. No caso dos equipamentos, a avaliação foi mais positiva, já que mais da metade dos coordenadores avaliou que suas condições são boas ou muito boas, embora cerca de 40% ainda tenham reconhecido serem regulares ou ruins. Do ponto de vista dos insumos e manutenção, a avaliação é majoritariamente boa ou muito boa.

TABELA 25
Condições de operação

Avaliação das condições	Instalações físicas	(%)	Equipamentos	(%)	Insumos	(%)	Manutenção	(%)
Muito bom	20	9,8	34	16, 7	90	44,1	51	25,0
Bom	57	27,9	81	39,7	79	38,7	102	50,0
Regular	74	36,3	67	32,8	21	10,3	41	20,0
Ruim	52	25,5	21	10,3	2	1,0	5	2,5
Não se aplica	1	0,5	1	0,5	12	5,9	5	2,5

Fonte: Dados da pesquisa.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi identificar os principais elementos do sistema de inovação no setor aeronáutico brasileiro, tendo como foco a infraestrutura de ciência e tecnologia.

Como procuramos demonstrar, destaca-se, entre as potencialidades desse sistema de inovação, o fato de a indústria brasileira experimentar momento de expansão, com algumas perspectivas favoráveis no horizonte: de um lado, o Brasil dispõe de instrumentos avançados para apoiar o crescimento dessa indústria e, de outro, a Embraer possui produtos competitivos e capacidade de engenharia apurada.

No entanto, para enfrentar os desafios colocados, seja no âmbito da sustentabilidade, materiais, combustíveis, segurança e nova mobilidade, os levantamentos aqui registrados apontam que a indústria nacional precisa percorrer um longo caminho para desenvolver uma infraestrutura de última geração e realizar P&D em áreas de alta complexidade, de modo a projetar empresas na cadeia de suprimentos, e dar a Embraer, empresa-chave para o país, melhores condições para competir no mercado global.

As seções mais analíticas deste trabalho encontraram eco, mesmo com as limitações apresentadas, no levantamento realizado pelo MCTI/CNPq/Finep/Ipea, e deram respaldo às sugestões explicitadas ao longo deste trabalho.

Das respostas recebidas no levantamento, extrai-se que é mais do que necessário apoiar a ampliação das infraestruturas, com foco e prioridade, de modo a dotar o sistema de inovação com laboratórios mais robustos, permanentemente atualizados e pesquisadores cada vez mais qualificados. Haja vista que os dados aqui analisados sinalizaram para uma rede de laboratórios: *i)* em expansão – especialmente a partir dos anos 2000 –, mas cujos investimentos em equipamentos e custos operacionais estimados concentram-se nas faixas de menor valor; *ii)* usada predominante para fins de ensino e pesquisa, sem uma forte integração com o setor empresarial; *iii)* que opera com um número de pesquisadores considerado não apropriado; e *iv)* cujas instalações físicas precisam ser melhoradas, sobretudo em referência ao cenário internacional.

Com efeito, a existência de laboratórios mais dinâmicos, articulados com empresas e centros internacionais é imprescindível para oxigenar o sistema de inovação e fortalecer uma atuação mais sintonizada com o desenvolvimento da indústria.

Nesse contexto, as informações coletadas reforçam a oportunidade e atualidade de propostas que vêm sendo discutidas em conjunto entre a ABDI e a Embraer, como a elaboração de um programa de plataformas demonstradoras tecnológicas aeronáuticas (PDT). A proposta de uma PDT seguramente pode ganhar em concretude e abrangência com a nova iniciativa do governo federal de investir em um Programa Nacional de Plataformas do Conhecimento, que já estabeleceu como uma de suas prioridades o setor aeronáutico.

De fato, esse parece um caminho promissor para que o Brasil torne-se menos dependente tecnologicamente e fortaleça a rede nacional de empresas do setor aeronáutico, a fim não apenas de assegurar um espaço no mercado internacional nos próximos anos, mas de manter-se na dianteira do setor.

Naturalmente, seguir essa trilha implica construir cenários tecnológicos, fazer escolhas das rotas, priorizar áreas e concentrar esforços nos ativos reais existentes, de modo a aproveitar as janelas de oportunidades para o país. As redes a serem estimuladas pelas plataformas poderão propiciar que institutos e centros de pesquisa do setor aeronáutico trabalhem de forma mais integrada, inclusive com polos internacionais, de maneira a acelerar o desenvolvimento de suas competências e aprimorar o foco de suas atividades. Além disso, as plataformas poderão ajudar a superar a verticalização ainda remanescente e os constrangimentos legais que esses centros enfrentam para realizar suas compras, contratações e operações, dado o emaranhado legal e de controle existente no país.

Em síntese, há um novo cenário institucional emergindo no país que procura equacionar problemas advindos do marco regulatório, do sistema de financiamento à inovação, e da ainda frágil relação entre a iniciativa privada e o setor público – especialmente no que tange à produção de conhecimento e de tecnologia. Esse novo ambiente amplia os horizontes do setor e cria oportunidades reais para o fortalecimento das instituições que conformam o sistema de inovação aqui analisado, visto que as ICTs ocupam papel central nesse processo, tornando assim mais tangíveis os necessários ganhos de competitividade na indústria aeronáutica.

REFERÊNCIAS

AIAA – AMERICAN INSTITUTE OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS. **Strengthening the national commitment to aerospace research and development**. 2013. (AIAA information paper).

ABDI – AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Plataformas demonstradoras tecnológicas aeronáuticas**. Brasília: ABDI, 2014. Disponível em: <http://goo.gl/kxOfsl>.

AEROSPACE REVIEW. Beyond the Horizon: Canada's interests and future in aerospace. **Aerospace Review**, v. 1, Nov. 2012. Disponível em: <http://goo.gl/twg0lW>.

AEROWEB – AEROSPACE AND DEFENSE DATABASE. Disponível em: <http://goo.gl/fBab7h>.

AIA – AEROSPACE INDUSTRIES ASSOCIATION. **2013 Year-end review and forecast**. Arlington: AIA, 2014. Disponível em: <http://goo.gl/kkIlqz>.

AIAB – ASSOCIAÇÃO DAS INDÚSTRIAS AEROESPACIAIS DO BRASIL. **Números da associação das indústrias aeroespaciais do Brasil**. 2013. Disponível em: <http://goo.gl/Tj9iz3>.

_____. **The state of the Canadian aerospace industry**. 2013. Disponível em: <http://goo.gl/g3R9Zc>.

AIAC – AEROSPACE INDUSTRIES ASSOCIATION OF CANADA. **The state of the Canadian aerospace industry**: Performance 2011. 2012. Disponível em: <http://goo.gl/FjOWPQ>.

ARANTES, J. IPT inaugura laboratório de estruturas leves. **Agência Fapesp**, maio, 2014. Disponível em: <http://goo.gl/3WrTPT>.

BASILE, J. Embraer não teme concorrência de novo avião chinês. Entrevista com Paulo Cesar Silva. **Valor Econômico**, ago. 2014.

BARBOSA, D. 25 Empresas que mais exportaram em 2013 no Brasil. **Revista Exame**, jan. 2014. Disponível em: <http://goo.gl/kt7cPE>.

BOEING. **The Boeing company 2013 annual report**. Disponível em: <http://goo.gl/D6tZYM>.

BOMBARDIER. **2013 Financial report**: fiscal year ended December 31, 2013. Disponível em: <http://goo.gl/mCWBgP>.

DARPA – DEFENSE ADVANCED RESEARCH PROJECTS AGENCY. **Fiscal year 2015 budget estimates**. 2014. Disponível em: <http://goo.gl/Fd4qYK>.

DELOITTE. **Global aerospace & defense industry financial performance study** – Growth slowing; strong commercial aerospace; continued contraction in defense. 2014. Disponível em: <http://goo.gl/R8LPY8>.

DE NEGRI, F.; SQUEFF, F. **Infraestrutura científica e tecnológica no Brasil**: análises preliminares. 2014. Brasília: Ipea. (Nota Técnica, n. 21). Disponível em: <http://goo.gl/Czx4t9>.

EMBRAER. **Relatório anual**. 2014. Disponível em: <http://goo.gl/fXcWKe>.

_____. **Embraer divulga previsão de entrega de 6.800 jatos no segmento de 30 a 120 assentos nos próximos 20 anos**. Informação à imprensa. 2012. Disponível em: <http://goo.gl/jmDAhz>.

FAB – FORÇA AÉREA BRASILEIRA. **Projeto de inovação tecnológica beneficia setor aeroespacial**. 2009. Disponível em: <http://goo.gl/OLWgyP>.

FAGERBERG, J.; GODINHO, M. Innovation and catching-up. *In*: FAGERBERG, J. *et al.* **The Oxford Handbook of Innovation**. Oxford, UK: Oxford University Press, 2006.

FERREIRA, M. **Competências empresariais e políticas governamentais de apoio ao desenvolvimento do setor aeroespacial**. Campinas: Unicamp/IE/Neit/ABDI, 2012. Disponível em: <http://goo.gl/Qb14Cm>.

FONSECA, P. Embraer: um caso de sucesso com apoio do BNDES. **Revista do BNDES**, n. 37, jun. Disponível em: <http://goo.gl/8ugvYn>.

FORBES. **Boeing's Huge Commercial Airplanes Backlog will feed its growth in the coming years**. Feb. 2014. Disponível em: <http://goo.gl/VsId5Q>.

INVEST IN CANADA. **Aerospace industries** – Canada's competitive advantages. Canada, 2013-2014.

M HIRSHBERG. **Darpa's legacy takes flight**: contributions to aeronautics. Darpa, 2008. Disponível em: <http://goo.gl/oRoonk>; <https://goo.gl/y4kD5H>.

LIMA, J. *et al.* A cadeia aeronáutica brasileira e o desafio da inovação. **BNDES Setorial**, n. 21. Rio de Janeiro. 2005. Disponível em: <http://goo.gl/iipQ3h>.

MAZZOLENI, R.; NELSON, R. Public research institutions and economic catch-up. **Research Policy**, v. 36, n. 10, 2007.

MIRANDA, Z. **O voo da Embraer**: a competitividade brasileira na indústria de alta tecnologia. São Paulo: Papagaio, 2007.

MIRANDA, Z.; MIRRA, E. Trajetórias do desenvolvimento no Brasil. **Revista Usp**, São Paulo, n. 93, 2012. Disponível em: <http://goo.gl/0Hxm6z>.

MOWERY, D. C.; ROSEMBERG, N. Technical change in the commercial aerospace industry, 1925-1975. *In*: ROSEMBERG, N. **Inside the black box**. Cambridge: Cambridge University Press. 1983.

_____. **A first look at flight in 2025**. 2011. Disponível em: <http://goo.gl/PwyGM3>.

NICKOL, C. **Environmentally Responsible Aviation (ERA) Project**: assessing progress toward simultaneous reductions in noise, fuel burn and NOx. Nasa. Disponível em: <http://goo.gl/Eiq8Pc>.

NIOSI, J. R&D support for the aerospace industry a study of eight countries and one region: a report. **Aerospace Review**. Jul. 2012. Disponível em: <http://goo.gl/HLdfxY>.

OSEC. **The aerospace industry in Canada**: opportunities for swiss companies. March, 2012.

_____. Aerospace & defense: 2013 year in review and 2014 forecast. **PWC**, 2014. Disponível em: <http://goo.gl/ZrNSpx>.

PRICEWATERHOUSECOOPERS – PwC. **Sectoral Structure Analysis**: aerospace Review. Jul. 2012. Disponível em: <http://goo.gl/nJs7QO>.

RAVENNA, M. **Public and private networks that sustain the aerospace sector**. *In*: XV CONGRESSO LATINO IBEROAMERICANA DE GESTÃO DA TECNOLOGIA (ALTEC). Portugal, 2013. Disponível em: <http://goo.gl/uZJLSc>.

SCHMIDT, F.; ASSIS, L. **A dinâmica recente do setor de defesa no Brasil**: análise das características e do envolvimento das firmas contratadas. Rio de Janeiro: Ipea, 2013. (Texto para Discussão, n. 1878).

SILVA, O. **A decolagem de um sonho**: a história da criação da Embraer. São Paulo: Lemos, 1998.

SILVEIRA, V. Embraer cresce no segmento de jatos compartilhados. **Valor Econômico**, jul. 2014.

THECKEDATH, D. **The Canadian aerospace industry and the role of the federal government**. Background Paper. Canada, Ottawa: Library of Parliament, 2013.

TOLEDO, D. **Estratégias nacionais de *catch up* aeronáutico**. 2013.Tese (Doutorado) – Departamento de Sociologia, FFLCH, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

TURCHI, L. *et al*. (Org.). **Impactos tecnológicos das parcerias da Petrobras com universidades, centros de pesquisa e firmas brasileiras**. Brasília: Ipea, 2013.

YODER, B. **Engineering by the numbers**. American Society for Engineering, 2012. Disponível em: <http://goo.gl/w6Xph4>.

_____. **Engineering by the numbers**. American Society for Engineering, 2014. Disponível em: <http://goo.gl/pRt5Cw>.

ZEGHU, M.; VALLERAND, J. **Technology policy learning and innovation systems life cycle**: the Canadian aircraft industry. THE DRUID ON INNOVATION, STRATEGY AND STRUCTURE – Organizations, Institutions, Systems and Regions at Copenhagen Business School, Denmark. 2011. Disponível em: <http://goo.gl/9p6U92>.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Estatísticas de comércio exterior**. Brasília: MDIC, 2013. Disponível em: <http://goo.gl/NQo24a>.

IATA – INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION. **The impact of September 11 on aviation**. 2011. Disponível em: <http://goo.gl/GV50x7>.

NASA – NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. **Budget estimates**. 2014. Disponível em: <http://goo.gl/oDCMHk>.

PRAVCO AVIATION REVIEW L.L.C. Brazil, Russia, India and China governments' aerospace strategies and national policies: implications to Canada's aerospace industry. **Pravco Aviation Review L.L.C.** 2012. Disponível em: <http://goo.gl/nnjxr5>.

PWC – PRICEWATERHOUSE COOPERS. Top 100 Special report. **PWC**, 2013. Disponível em: <http://goo.gl/940tzr>.

VÉRTESY, D.; SZIRMAI, A. **Interrupted innovation**: Innovation system dynamics in latecomer aerospace industries. Working Paper Series. UNU-Merit, 2010.

ANEXO

INFRAESTRUTURAS DE PESQUISA SELECIONADAS A PARTIR DO LEVANTAMENTO DO MCTI/CNPq/Ipea

Divisão de Tecnologias Tridimensionais	Laboratório de Automação e Robótica
Laboratório de Corrosão	Laboratório de Corrosão
Laboratório de Corrosão	Laboratório de Energia e Sistemas Térmicos
Divisão de Superfícies de Interação e Displays	Laboratório Instrumentação e Controle
Laboratório de Aeroelasticidade	Instituto de Soldagem e Mecatrônica
Laboratório de Mecânica dos Fluidos – Aerodinâmica	Laboratório de Ensaios Mecânicos em Materiais
Laboratório de Tecnologia Submarina	Laboratório Aplicações e Tempo Real
Laboratório de Simulação de Escoamentos com Superfície Livre	Laboratório de Robótica, Simulação e Soldagem
Laboratório de Eletroquímica e Materiais Nanoestruturados	Laboratório Computacional em Térmica e Fluidos
Centro de Capacitação Tecnológica em Automação Industrial	Centro de Caracterização e Desenvolvimento de Materiais
Laboratório de Apoio à Fabricação	Laboratório de Oceanografia por Satélites
Laboratório de Eletrônica	Laboratório de Difração de Raios X
Laboratório de Eletricidade	Laboratório de Usinagem Convencional
Laboratório de Metrologia Industrial	Observatórios Ionosféricos nos Pontos Conjugados
Laboratório de Mecância de Estruturas	Laboratório de Propulsão Elétrica
Laboratório de Vibrações e Acústica	Laboratório de Sistemas Eletro-Ópticos
Metalografia e Tratamentos Térmicos	Laboratórios de Corrosão e Tratamento de Superfícies
Laboratório de Projeto e Manufatura de Componentes de Plástico Injetados	Laboratório de Simulação Numérica em Mecânica dos Fluidos e Transferência de Calor
Laboratório de Células Solares	Laboratório Processamento de Materiais
Laboratório de Acústica	Microscopia Eletrônica/Análise Térmica
Laboratório de Implantação Iônica por Plasma	Termo Fluidos – Lab TermoFluidos
Laboratório de Adesão	Laboratório de Catálise e Propelentes Limpos
Laboratório de Mecânica dos Fluidos	Laboratório de Soldagem
Laboratório de Tribologia e Materiais	Laboratório de Aerodinâmica Experimental
Laboratório de Emulsões	Laboratório de Microfabricação
Laboratório de Desenvolvimento de Sensores Magnéticos	Laboratório de Líquido Penetrante e Partícula Magnética
Laboratório de Transferência de Calor e Massa	Laboratório de Motores
Laboratório de Eficiência Energética	Laboratório de GPSEM
Laboratórios de Pesquisa de Pós-Graduação	Laboratório de Sistemas de Computação e Robótica
Experimentos Ionosféricos em São João do Cariri e Campinas Grande	Laboratório de Multiusuário de Espectroscopia Óptica Avançada
Laboratório de Ionosfera	Biomateriais
Laboratório de Automação Industrial Aeronáutica	Laboratório Mecânica Computacional
Laboratório de Ensaios Centro Tecnológico de Polímeros	Banco de Testes de Propulsores de Satélites com Simulação de Altitudes
Laboratório de Materiais	Observatório Ionosférico
Laboratório Ultrassom	Laboratório de Tecnologias Espaciais
Grupo de Sistemas Embarcados	Leea – Laboratório de Espectroanalítica e Eletroanalítica Aplicada

(Continua)

(Continuação)

Divisão de Tecnologias Tridimensionais	Laboratório de Automação e Robótica
Laboratório de Telecomunicações Espaciais	Laboratório de Análises e Superfícies
Observatório Espacial de São Martinho da Serra	Laboratório de Dinâmica dos Fluidos
Laboratório de Materiais Nanoestruturados	Laboratório de Metrologia Dimensional
Automação do Projeto de Sistemas Computacionais Embarcados	Grupo de Ensaios e Simulações Ambientais em Reservatórios
Laboratório de Térmica	Laboratório de Microgravidade
Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura	Laboratório de Prototipagem Rápida
Laboratório de Física	Laboratório de Síntese Automática de Circuitos
Laboratório de Sistemas Eólicos	Laboratório de Usinagem e Automação
Laboratório Sonda	Laboratório de Integração e Testes
Engenharia Naval (embarcações: cascos, propulsão, manobras, comportamento em ondas)	Laboratórios de Engenharia de Processos de Conversão e Tecnologia de Energia
Estação de Monitoramento Solar/Ionosférico	Laboratório de Tecnologias de Transporte Óptico
Banco de Testes de Propulsores de Satélites em Condições Ambientais	Laboratório de PD&I Login
Laboratório de Combustão de Biomassa e Queimadas	Laboratório do Comportamento Termomecânico de Materiais
Oficina de Manutenção de Aeronaves	Laboratório de Aplicações em Combustão e Gaseificação
Laboratório de Escoamento de Fluidos – Giulio Massarani	Laboratório de Caracterização da Dinâmica do Escoamento de Fluidos
Laboratório de Simulação	Laboratório de Ensino e Pesquisa em Usinagem
Laboratório de Suprimento de Energia	Laboratório de Infravermelho
Laboratório de Combustível Nuclear	Laboratório de Análise Química
Laboratório de Ensaios e Combustão	Laboratório de Estruturas Inteligentes e Compósitos Avançados
Laboratório de Óptica e Fibras Ópticas	Laboratório de Radiação Ionizante
Laboratório de Soldagem e Revestimentos	Laboratório de Propelentes
Grupo de Pesquisas em Automação e Robótica Móvel	Laboratório de Ensaios de Trens de Pouso e Componentes
Laboratório de Eletroquímica	Laboratório de Caracterização de Dispositivos Semicondutores
Laboratório de Fusão	Laboratório de Materiais Eletromagnéticos
Laboratório de Compósitos (laminação e mecânica)	Laboratório de Materiais Eletromagnéticos
Laboratório de Cam	Análises e Caracterização de Materiais de Carbono
Laboratório de Microtecnologia	Laboratório de Ensaios Estruturais
Nome da Infraestrutura não Informado	Laboratório de Desenvolvimento de Aplicações de Lasers e Óptica
Observatório Espacial de Belém	Laboratório de Ensaios Aerodinâmicos
Laboratório de Análise de Propelentes	Laboratório de Baixa Pressão
Centro de Termotransformação dos Materiais	Laboratório de Medição de Superfícies Ópticas
Laboratório de Propulsão	Laboratório de Aerotermodinâmica e Hipersônica Prof. Henry T. Nagamatsu
Laboratório de Mecânica de Fluidos não Newtonianos	Laboratório de Ensaios de Impacto
Laboratório de Corrosão e Proteção	Laboratório de Fluorescência e Difração de Raios-X
Laboratório de Termo-hidráulica	Laboratório de Ensaios Mecânicos

(Continua)

(Continuação)

Divisão de Tecnologias Tridimensionais	Laboratório de Automação e Robótica
Nome da Infraestrutura não Informado	Laboratório de Baixa Força
Laboratório de Soldagem	Laboratório de Medidas de Radioatividade Ambiental
Laboratório Sinais e Sistemas	Laboratório de Antenas e Propagação
Soldagem	Laboratório de Eletromagnetismo Computacional
Laboratório de Magneto-Hidrodinâmica	Laboratório de Engenharia Virtual
Laboratório de Eletroacústica	Laboratório de Saneamento
Laboratório Central, de Análises Térmicas e Calorimetria, de Tratamento Térmico e Cura, de Pirotécnica	Laboratório de Propriedades Termo-mecânicas de Materiais Viscoelásticos
Laboratório de Crescimento de Diamantes Cvd, Dlc e Nanotubos de Carbono	Laboratório de Tecnologia de Pós e Plasma
Laboratório de Manufatura Digital	Grupo de Eletroquímica Aplicada
Laboratório de Catálise Ambiental	Laboratório de Visão, Robótica e Imagem
Laboratório de Integração de Cargas Úteis para Balões	Laboratório de Transporte Aéreo
Laboratório de Biomassa Energética	Laboratório de Análise Instrumental
Laboratório de Acústica e Vibrações	Laboratório de Caracterização e Análise de Materiais
Laboratório de Supervisão de Bordo	Laboratório de Mecânicas dos Fluídos
Laboratório para Automação em Soldagem	Laboratório do Grupo de Mecânica Computacional
Divisão de Microssistemas	Laboratório de Sistemas Embarcados
Laboratório de Estruturas	Laboratório de Análise Térmica Prof. Ivo Giolito, RJ
Laboratório de Soldagem	Laboratório de CFD – Fluidodinâmica Computacional
Laboratório de Processamento e Caracterização de Materiais	Laboratório de Mecânica dos Fluidos
Laboratório de Processos Químicos e Tecnologias de Partículas	Laboratório de Misturas Poliméricas e Compostos Condutores
Laboratório de Catálise Espacial	Laboratório de Nanocompósitos Poliméricos
Laboratório de Termometria	Laboratório de Química de Materiais Avançados
Laboratório de Monitoramento de Clima Espacial de Boa Vista, RR	Laboratório de Tecnologia de Polímeros Naturais e Sintéticos
Laboratório de Nanotecnologia e Processos a Plasmas	Laboratório do Programa de Engenharia Metalurgia e Materiais
Laboratório de P&D Soldagem	Laboratório de Biopolímeros e Sensores
Laboratório de Meios Porosos e Propriedades Termofísicas	Laboratório de Caracterização e Processamento de Metais
Laboratório de Aerodinâmica	Laboratório de Processos Metalúrgicos
Laboratório de Calibração de Instrumentos do Clima Espacial	Laboratório de Fotônica
Laboratório de Projetos Mecânicos Prof. Henner Alberto Gomide	Laboratório de Geossintéticos
Laboratório de Estruturas Aeroespaciais	Laboratório de Materiais de Construção
Centro de Competência em Manufatura	Laboratório de Plasmas e Processos

Fonte: Diretório de Instituições do CNPq (2014).

CAPÍTULO 5

CARACTERÍSTICAS DA INFRAESTRUTURA DE PESQUISA EM ENERGIAS RENOVÁVEIS NO BRASIL

Gesmar Rosa dos Santos[1]

1 INTRODUÇÃO

As últimas quatro décadas registram grande difusão do tema energias renováveis (ERs) no plano global. Vivencia-se um debate em todos os espaços da sociedade, a começar por livros didáticos de todas as disciplinas do ensino fundamental até planos de empresas, políticas públicas e orçamentos da maioria dos países, sejam eles ricos, sejam pobres. Mesmo com a contradição entre o discurso e a prática, a produção desta modalidade de energia cresce ao ponto de alcançar 45% no Brasil e quase 13% da quantidade de energia gerada no plano global.

A maior valoração de ações de empresas nas bolsas de valores, somada ao valor real ou sentimental de ter a estampa de produção de energia renovável nas marcas comerciais, move o mercado; neste âmbito, empresas líderes se posicionam de forma estratégica, e suas seguidoras procuram adaptar-se. A segurança energética e a preocupação com a saúde, por meio da redução de poluentes e de gases de efeito estufa (GEEs), são as principais razões para o Estado promover este tipo de energia.

Nesse contexto, nos últimos quarenta anos, as políticas públicas de apoio às ERs têm se orientado para a promoção da pesquisa e desenvolvimento tecnológico (P&D) em vários países. Duas ações centrais neste sentido têm sido implantar uma estrutura de arrecadação e gestão de fundos de P&D, e criar e modernizar infraestruturas de pesquisa que enfrentem os desafios da área de energia. Como se encontra o Brasil neste quesito?

No Brasil, as energias renováveis cumprem o papel de dar maior segurança energética ao reduzirem a dependência de fontes de energia de origem fóssil, como o petróleo, sendo exemplos a energia hidrelétrica e os biocombustíveis etanol e biodiesel, estando também em ascensão recente as energias eólica e solar. Para isso, tem sido e continuará a ser essencial o avanço tecnológico contínuo, contando com políticas públicas e ações do setor privado. Uma das atribuições do Estado, objeto de estudo neste trabalho, é viabilizar a infraestrutura de pesquisa em todas essas modalidades de ER, principalmente na fase de crescimento da curva de aprendizado industrial em que se encontram.

1. Técnico de planejamento e pesquisa da Diretoria de Estudos Setoriais de Inovação Tecnológica (Diset) do Ipea.

Nessa área, ocorrem uma divisão e uma distinção de papéis na geração de valor nas cadeias produtivas. De um lado, prevalecem os países e as empresas ligados à Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE), além da China, com domínio da P&D dos mais avançados processos de produção e da oferta de bens de capital e de insumos de alta tecnologia. De outro lado, os países emergentes se especializam na geração por transformação ou na produção de matérias-primas energéticas com aquisição e adaptação de tecnologia.

É amplamente conhecido que o Brasil exerce papel preponderante na produção de energias renováveis e também ocupa importante papel na oferta de bens de média e alta tecnologia nos casos de biocombustíveis de primeira geração (etanol e biodiesel), energia hidrelétrica e eletricidade a partir da queima da biomassa. De acordo com o Ministério de Minas e Energia (MME), as ERs, no Brasil, continuarão a ter como destaques essas modalidades e o aumento das energias eólica e solar, com expectativa de que continuem a responder por cerca de 45% de sua matriz energética (Brasil, 2007; 2013) até 2030, ante a expectativa de, no máximo, 17% no plano global (IEA, 2012). Ações de P&D em energias renováveis tendem a acompanhar as expectativas de crescimento do uso dessas fontes.

Um importante ponto de debate em torno de fontes de energia, de acordo com Sachs (2004; 2009), Geller (2003), Tolmasquim (2004), Brasil (2007) e IEA (2011), se refere ao equacionamento, por meio do avanço tecnológico, do potencial das ERs que ainda têm custos maiores que as fontes fósseis. Ao mesmo tempo, o crescimento da demanda de energia e o fortalecimento da P&D em ER geram expectativas e oportunidades para inovações nas firmas. Assim, a P&D, em toda a cadeia de produção de energia (projeto, execução, geração, consumo, cuidados ambientais e eficiência energética), é tanto um desafio quanto uma oportunidade para países com vantagens comparativas nesta área como o Brasil.

Pelo seu potencial de influenciar o desenho da P&D e o papel dos agentes no posicionamento dos mercados, as infraestruturas de pesquisa são objeto de apoio do Estado. Países líderes em P&D nas ERs (Alemanha, Estados Unidos, China, entre outros) têm atuado no sentido de vincular a infraestrutura de pesquisa ao seu papel no domínio da geração de ER e na oferta de bens de média e alta tecnologia e a serviços relacionados à sua produção.

Nesse contexto, este capítulo apresenta e discute as características da infraestrutura de pesquisa em ER no país a partir de questões levantadas inicialmente em De Negri e Cavalcante (2013), que, de forma resumida, podem ser reformuladas a partir das seguintes perguntas: quais as características, as formas de uso, as capacidades e as deficiências da infraestrutura laboratorial de pesquisa instalada em ER no Brasil? Qual o perfil de porte e interação com usuários e financiadores e como se distribuem regionalmente as infraestruturas de P&D no Brasil?

O objetivo do capítulo ao tentar responder a estas questões é contribuir com um mapeamento inicial da infraestrutura laboratorial de pesquisa em energias renováveis no Brasil. Para isso, faz-se uma caracterização amostral das capacidades instaladas a partir da realização de uma enquete junto às infraestruturas para investigar aspectos como nível de interações entre instituições e o setor produtivo, perfil dos pesquisadores, porte e distribuição regional das infraestruturas, entre outras variáveis. Parte-se do pressuposto de que a infraestrutura laboratorial é fortemente relevante para o desenvolvimento da pesquisa em ER, podendo ser fator limitante de avanços em certos temas ou áreas do conhecimento relacionadas ao tema.

Assim como outros capítulos deste livro, este texto é parte do trabalho pioneiro no país, desenvolvido a partir da parceria entre o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e o Ipea, cuja concepção, metodologia e abrangência estão delineadas conforme Squeff e De Negri (2014), que detalham a enquete realizada em 2013 junto a infraestruturas públicas de P&D no Brasil. Aqui são discutidas as respostas de cem infraestruturas consideradas como da área de energias renováveis entre as 1.760 infraestruturas respondentes no total da enquete.

O texto está dividido em quatro seções além desta introdução. Na seção seguinte, são apresentados os procedimentos metodológicos adicionais para o caso das infraestruturas na área de ER; na seção 3, são apresentadas uma definição e as características de sistemas de inovação e energias renováveis (Siers) a partir da noção de sistemas nacionais de inovação (SNIs); na seção 4, são apresentados os dados da pesquisa CNPq/Ipea; por fim, a seção 5 ressalta algumas conclusões do levantamento e traz sugestões de políticas públicas.

2 METODOLOGIA

Neste trabalho, consideram-se como infraestruturas de C&T e de P&D,[2] na área de energias renováveis, os laboratórios e outras instalações físicas que realizam pesquisa científica e desenvolvimento de tecnologias para dar respostas a desafios tecnológicos destas energias e seus insumos. Incluem-se neste recorte as infraestruturas de pesquisa voltadas para a proposição de novos arranjos produtivos que viabilizem ou incrementem a geração, a distribuição, a conservação e os usos das energias renováveis, bem como aquelas que se dedicam a estudos de redução de impactos ou à produção de conhecimento e bens voltados para a eficiência no uso da energia.

2. De acordo com a definição do *Manual de Frascati*, "P&D é a aquisição de tecnologia e *know-how* não incorporados, a aquisição de tecnologia incorporada, ferramentas e engenharia industrial, o estudo de concepção industrial (não classificado em outros lugares), a aquisição de outros equipamentos, o início da produção e da comercialização de produtos tecnologicamente novos e melhores" (OCDE, 2013, p. 22). A definição de C&T é mais abrangente, engloba a P&D e outras formas de aquisição de conhecimentos: "As atividades de ciência e tecnologia incluem, além de P&D, educação e formação científica e tecnológica (CTET), além de serviços científicos e técnicos (STC)" (OCDE, 2013, p. 22-23).

A partir desse recorte inicial, são aqui consideradas infraestruturas de C&T e de P&D que atuam em ER: *i)* as dedicadas: aquelas com foco central e capacidades voltadas especificamente para energias renováveis, por exemplo, o Centro Brasileiro de Tecnologia do Etanol (CTBE); *ii)* as circunstanciais (ou não dedicadas): aquelas que exercem atividades de P&D em energias em função de suas capacidades e vocações, mas que atuam também em outras áreas – por exemplo, laboratórios de química e biocombustíveis, de mecânica e energia e de estudos de enzimas.

Por motivos didáticos e em função de algumas simetrias entre as infraestruturas de P&D de uma ou de outra das fontes ou modalidades de energias renováveis, estas foram reunidas nos seguintes seis grandes grupos: *i)* derivadas da biomassa (etanol, biodiesel, gás de biodigestores, biomassa para queima – geração de calor e eletricidade etc.); *ii)* hidroeletricidade; *iii)* solar (fotovoltaica e térmica); *iv)* eólica; *v)* propagação das marés; e *vi)* hidrogênio.[3] Esta classificação, ou agrupamento, engloba subdivisões, de acordo com o quadro 1, destacado de Santos (2015). O sétimo grupo anotado no quadro se refere a temas e trabalhos que não estão classificados em nenhum dos seis grupos anteriores, conforme se indica na sua subdivisão.

QUADRO 1
Agrupamento de temas e subtemas em energias renováveis em ER[4]

Fonte primária	Tipo/transformação ou forma de uso
1 Eólica	Elétrica
2 Solar	2.1 Elétrica-fotovoltaica, radiação solar
	2.2 Térmica – aquecimento/armazenamento
3 Biomassa	3.1 Biodiesel e outros substitutos do diesel
	3.2 Etanol e outros renováveis substitutos da gasolina
	3.3 Biogás – eletricidade
	3.4 Eletricidade de biomassa sólida
	3.5 Térmica – uso em caldeiras e fornos
4 Hidráulica	Elétrica
5 Maremotriz	Elétrica
6 Hidrogênio	Conversão e armazenagem
	Combustível – célula combustível
	Energia elétrica
7 Renováveis – forma geral	Gestão em energias, planejamento, modelagem, impactos na economia e no meio ambiente, C&T ou P&D multitemáticos

Fonte: Santos (2015).
Elaboração do autor.

3. Infraestruturas que atuam em pesquisas com hidrogênio foram solicitadas a responder a enquete por terem ligação direta com as ERs, muitas vezes sendo parte de um mesmo departamento ou divisão de pesquisa, com compartilhamento de infraestruturas. Já as infraestruturas de P&D em energia nuclear que realizam pesquisas em ER não foram consideradas por dificuldades de diferenciação entre as dedicadas ou não e o tipo de fonte.

4. Para obter mais detalhes sobre o agrupamento e também sobre os critérios de classificação e análise dos projetos de ER nos fundos setoriais, ver Santos (2015).

Esses agrupamentos possibilitaram fazer a identificação das características das infraestruturas em cada tipo de energia, bem como foram úteis no momento da seleção destas entre todas aquelas que responderam à enquete realizada. Contudo, na abordagem dos resultados, optou-se por agrupar todas as formas no grande grupo ER sempre que as variáveis ou questões fossem comparáveis.

Além de partir da concepção geral do projeto MCTI/Ipea, este capítulo contou com um levantamento e seleção de instituições-chave em energias renováveis no país, com a finalidade de levantar linhas de pesquisa, desafios, temas principais e prioritários, de acordo com o disposto no anexo A, nos quadros A.1 e A.2. Para isso, seguiu-se a definição dos seis tipos de energia já mencionados, fazendo-se também consultas de temas, grupos de pesquisa e linhas de pesquisa nas bases de projetos da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep)/CNPq (Fundos Setoriais), no Diretório de Grupos de Pesquisa (DGP) do CNPq, programas de pós-graduação das universidades e de outras instituições de pesquisa (Santos, 2015).

Esse procedimento possibilitou a obtenção de um referencial de quais assuntos e desafios estão na pauta emergente na área de energias. No passo seguinte, foram selecionadas e convidadas a participar da enquete efetivada pelo CNPq tanto grandes quanto pequenas e médias infraestruturas de P&D com atuação em energias renováveis.[5]

O preenchimento do formulário de pesquisa foi feito pelos coordenadores das infraestruturas e ocorreu via internet, em procedimento efetivado pelo CNPq, com suporte do Ipea (Squeff e De Negri, 2014). O conjunto de respostas e os dados obtidos formam uma interessante amostra das infraestruturas, considerando-se o total de 1.760 que responderam. Particularmente na área de energias renováveis, houve adesão de 71 infraestruturas (distribuídas em 38 instituições de ensino e pesquisa) entre as 139 previamente convidadas a participar. As demais 29 respondentes não estavam entre as mencionadas 139 consideradas referências pelos critérios descritos. Registra-se, entretanto, a ausência de algumas importantes instituições e suas infraestruturas desta área, o que foi em parte compensado pela adesão de outras instituições. De toda forma, os resultados obtidos ajudam e muito a identificar as características, lacunas e capacidades instaladas no país.

5. Foram relacionadas as instituições e suas infraestruturas, na fase anterior à enquete, tanto pelo porte e as *expertises* reconhecidos como também pela distribuição regional, pelo vínculo a redes de pesquisas, por terem projetos junto ao CNPq e à Finep, entre outros critérios. Todas elas, que somaram 139 infraestruturas, foram solicitadas a participar da enquete. Cabe a ressalva de que uma comparação mais apurada entre a seleção inicial, as respondentes e o conjunto de todas as infraestruturas de P&D, como taxa de resposta e outras, teria limitações e imprecisões, uma vez que, por exemplo, os cadastros não são completos, por vezes encontram-se desatualizados, algumas unidades mudam de nomes ou são desmembradas, podendo haver viés de seleção.

Para essa etapa do trabalho, foram também relacionadas instituições e empresas líderes de mercado e em P&D no Brasil e em alguns países selecionados, de acordo com o detalhamento feito em Santos (2015), para que se tivesse também uma noção sobre temas pesquisados, formas e arranjos das interações institutos--empresas que atuam em pesquisas sobre ER. Foram selecionadas, principalmente, instituições de C&T e de P&D das áreas de engenharia (mecânica, elétrica, química, agronômica) e ciências exatas e da Terra. O passo seguinte foi o envio prévio, pelo CNPq, de *e-mails* e cartas convidando os dirigentes das instituições a participarem da enquete, como descrito em Squeff e De Negri (2014). Em momento posterior, fez-se o envio de convite aos coordenadores das infraestruturas vinculadas, que foram os respondentes.

Para a caracterização das infraestruturas laboratoriais respondentes, adotaram-se quatro subgrupos, tomando-se como referencial o valor total informado da infraestrutura, da seguinte forma: pequena (P) – infraestrutura de até R$ 1 milhão; pequena-média (PM) – acima de R$ 1 milhão até R$ 5 milhões; média-grande (MG) – acima de R$ 5 milhões até R$ 30 milhões; e grande (G) – acima de R$ 30 milhões.

3 A PESQUISA EM ENERGIAS RENOVÁVEIS NO CONTEXTO DO SISTEMA NACIONAL DE INOVAÇÃO

No plano global, a P&D na área de energias renováveis cresce de forma natural e diretamente relacionada ao crescimento do mercado de produção (EFI, 2013; Unep e Bloomberg, 2013), inclusive com a geração de patentes e o surgimento de novas tecnologias. Neste sentido, Santos (2013; 2015) observa que o mercado interno possibilita e até exige aportes de vulto para a pesquisa nas ERs, incluindo-se a organização e a criação de infraestruturas de pesquisa, como o fazem os países líderes em P&D.

De acordo com os Ministérios de Minas e Energia e da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil 2006; 2007), o grande potencial do Brasil para a produção de energia renovável ampara-se no seu excelente potencial hídrico e na sua capacidade de produção de biomassa para biocombustíveis, além das oportunidades de geração de energia elétrica pelo uso das fontes eólica e solar. O incremento da pesquisa científica na área, no plano local e em outros países, ocorre em meio à difusão das preocupações ambientais e aos apelos por segurança energética a partir da década de 1960 (Geller, 2003; Brasil, 2006).

Nesse cenário, a P&D segue o aumento do porte do mercado (EFI, 2013; Unep; Bloomberg, 2013), incluindo o aumento no número de depósitos de patentes e a busca pelo domínio de novas tecnologias, como observa Santos (2013).

Nesse contexto, caracterizar infraestruturas de pesquisa é adentrar no que ainda se configura, no Brasil, como um Sier, parte do que a literatura denomina Sistema Nacional de Inovação – SNI (Lundvall, 2005; Niosi *et al.*, 2003). Segundo

Lundvall (2005), a caracterização deste sistema deve incluir as ações resultantes do processo de aprendizagem (*learning by doing*) e requisitos, ou funções, inerentes ao núcleo central do sistema de inovação (empresas inovadoras, ambiente de inovação e negócios, financiamento à P&D etc.), sendo também importantes: a estrutura da produção e de demanda dos bens; o mercado de trabalho; e a intervenção dos governos no sistema de inovação.

Niosi *et al*. (1993) destacam três componentes principais de um SNI:[6] uma política de governo no plano nacional; uma regulação estatal formal e uma coordenação informal; e fundos de P&D. Para os autores, um SNI é resultado, ainda, de quatro elementos essenciais: *i)* fluxos financeiros de fundos públicos e privados para a inovação; *ii)* marco legal e políticas, como a de propriedade intelectual; *iii)* fluxos tecnológicos, científicos e informacionais; e *iv)* fluxos sociais com inovação organizacional fluindo de uma firma a outra e fluxos pessoais de universidades para indústrias e de firma para firma.

Tal concepção orienta a definição do Sier como um componente do SNI. O Sier é o conjunto de instituições, de natureza pública ou privada, suas redes e instrumentos de pesquisa, cujas atividades resultam em interações e articulações de agentes voltados para a promoção de CT&I e da P&D nas diversas etapas da produção e uso dessas energias.

Uma vez que o Brasil já conta com os fluxos financeiros mencionados por Niosi *et al*. (1993), principalmente os públicos destinados à P&D, ainda que insuficientes e com marco legal que se consolida a partir do final da década de 1990, os demais fluxos talvez sejam os próximos desafios a serem enfrentados na promoção da inovação em energias renováveis. A formação de redes de pesquisa e o ingresso do setor produtivo de forma mais acentuada nos investimentos e nas parcerias com as infraestruturas públicas de P&D são passos apenas iniciados, nesta área, no Brasil (Santos, 2013; 2015).

Ao analisar o perfil do financiamento público em energias renováveis no Brasil, Santos (2015) evidencia que o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), o principal instrumento de financiamento público da P&D no país, prioriza recursos em infraestrutura mais que em projetos de P&D diretamente. Entre as infraestruturas apoiadas, encontram-se as de temas emergentes (hidrogênio, ondas das marés e biocombustíveis de segunda geração), mas também os já "antigos" biomassa energética (etanol e biodiesel de primeira geração e biogás) e hidroeletricidade.

6. Niosi *et al*. definem o SNI como: "Um sistema nacional de inovação é o sistema de interação das empresas privadas e públicas, grandes ou pequenas, universidades e agências governamentais que têm por objetivo a produção de ciência e tecnologia dentro das fronteiras nacionais. A interação entre essas unidades pode ser técnica, comercial, jurídica, social e financeira, na medida em que o objetivo da interação é o desenvolvimento, a proteção, o financiamento ou a regulação da nova ciência e tecnologia" (1993, p. 212).

Esse perfil em estruturação pode também ser interpretado no trabalho de Pompermayer, De Negri e Cavalcante (2013), ao analisarem o apoio à P&D no setor elétrico do país a partir dos recursos gerenciados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). Os autores constataram que é muito baixo o percentual de projetos que se enquadram como de fato P&D na definição do *Manual de Frascati*. O fato desta e de outras agências reguladoras, bem como a Empresa de Planejamento Energético (EPE), também serem recentes, estruturadas somente a partir da segunda metade da década de 1990, também indica o estágio em formação do Sier no país. Um fato positivo, porém, é a presença e o fortalecimento de universidades e outras instituições públicas importantes, sólidas em P&D em energias, além do desenvolvimento de *expertises* no setor privado.

3.1 Infraestruturas de pesquisa no Brasil e experiências internacionais

As pesquisas que levam ao desenvolvimento tecnológico e à inovação na área de energia, particularmente das renováveis, são pulverizadas, dispersas em disciplinas, laboratórios ou departamentos (Santos, 2015). Por isso, é ainda relativamente rara a especialização de laboratórios em energias no recorte renováveis *stricto sensu.* Por outro lado, é comum a associação entre laboratórios e estruturas de pesquisa de diversas áreas do conhecimento em torno da P&D em ER e das ciências a elas relacionadas com a criação de grupos de pesquisas nas instituições de ensino e de P&D.

Diante dessas particularidades, ao se identificar um Sier, cuida-se com maior propriedade da identificação de capacidades em ER do que em um sistema dedicado, com raras exceções no Brasil, a exemplo do Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE), da Embrapa Agroenergia e do Centro de Tecnologia Canavieira (CTC). Isso porque a inovação em energia eólica, por exemplo, é indissociável da P&D em energia elétrica (devido aos componentes elétricos e mecânicos), ou da P&D de outros setores, como petróleo ou energia em geral. No caso da biomassa, há dependência dos sistemas de C&T e de P&D da química, biologia, ciências agronômicas e da produção de equipamentos.

De acordo com Santos (2015), as trajetórias de apoio à P&D em energias renováveis nos países de maior tradição e liderança em inovação apontam que, a partir do começo dos anos 2000, ocorre certa estabilização nas taxas de participação do Estado nos investimentos, ao mesmo tempo que os Siers se consolidam. Tanto na Alemanha quanto nos Estados Unidos, dois aspectos merecem ser destacados na estruturação dos respectivos Siers em comparação com o Brasil: *i)* o foco da pesquisa, pautado em desafios cujo enfrentamento tem o objetivo tanto de possibilitar a geração de energia quanto o de dominar o mercado de bens tecnológicos para este e outros setores relacionados; e *ii)* o forte apoio do Estado ao crescimento do mercado nos últimos vinte anos, pautado tanto no crescimento dos valores absolutos alocados na P&D quanto no subsídio à produção de energia (Santos, 2015; United States, 2013a; 2014; EFI, 2013).

Importa sobremaneira a forma como se configuram as infraestruturas de P&D. A característica do modelo dos Estados Unidos é a existência de grandes laboratórios nacionais (box1), geralmente inaugurados há décadas, atuando em mais de uma modalidade de energia. Alguns dos laboratórios são administrados e operados por instituições parceiras, principalmente universidades. Juntamente com as infraestruturas físicas, destacam-se o orçamento contínuo – por tema, pasta e grandes programas, bem como para programas específicos dos laboratórios.

BOX 1
Instituições de P&D e de apoio à pesquisa – Estados Unidos

O sistema de inovação tecnológica na área de energias para todas as fontes, renováveis e não renováveis, conta com 21 unidades de pesquisa de grande porte, entre laboratórios e centros nacionais de pesquisa, sob a responsabilidade de gestão e orçamento anual do Department of Energy (DOE).[1] Em sua grande maioria com operação própria (instalações e servidores), sendo cinco deles operados por universidades ou consórcio de universidades/pesquisadores, ou ainda entidade de pesquisa sem fins lucrativos.

Entre os laboratórios nacionais operados por universidades, em parcerias com o DOE, estão o Argonne National Lab (engenharia, renováveis e inovação) e o Fermi Lab (física, matéria) pela Universidade de Chicago; o Ames Laboratory (energia nuclear) pela Universidade Estadual de Iowa; e o National Accelerator Lab (física, matéria, energia) pela Universidade Stanford. O Sandia's National Lab é administrado e operado por uma entidade sem fins lucrativos, subsidiária da Lockheed Martin Corporation. Os estudos nesses laboratórios abrangem desde a pesquisa básica até a inovação com produtos para o mercado; em determinados projetos, estudam-se também arranjos produtivos.

A verticalização da C&T e PD&I, a partir do DOE, ocorre por meio de agências centrais de financiamento, de dez grandes ações/programas como referenciais de apoio à P&D (*program offices* com orçamento vinculado) e quatorze *staff offices* (linhas de financiamento mais específicas do que os *program offices*). Paralelamente, há projetos aprovados nas diversas linhas de apoio abertas para subtemas não direcionados pelo DOE.

Fonte: United States (2013a; 2013b); *Sites* dos laboratórios.
Elaboração do autor.
Nota: [1] Departamento de Energia dos Estados Unidos.

Os dados do orçamento do governo federal dos Estados Unidos para as energias renováveis evidenciam seu porte. Em 2013, foram orçados U$ 3,107 bilhões ante os U$ 2,091 bilhões orçados em 2012 (United States, 2014). Foi efetivado U$ 1,78 bilhão em 2012 (United States, 2013a), incluídas todas as formas de financiamento da P&D pelo DOE. Além desses valores há também outras pastas do governo central com orçamentos menores voltados para temas transversais relacionados à energia – como impactos, educação, entre outros (United States, 2014; Santos, 2015).

Na Alemanha, destaca-se o fato de haver mais de quarenta instituições envolvidas com o financiamento e a pesquisa (European Comission, [s.d.]),[7] as quais fomentam a P&D nas diversas áreas do conhecimento e produção. Nos grandes institutos (box 2) e universidades públicas, a independência na gestão e na definição de temas de pesquisa,

7. Para mais detalhes, ver resumo da abordagem da Comissão Europeia sobre a P&D na Alemanha, com dados de 2012, em: <http://goo.gl/V6WDnP> e EFI (2013).

a valorização do intercâmbio e, ao mesmo tempo, a conexão com os desafios da sociedade são marcas do sistema, que integra o ensino com a CT&I e a P&D.[8]

BOX 2
Instituições de P&D da Alemanha

Na Alemanha, ressaltam-se as grandes instituições ou sociedades de pesquisa (Gesellschaft), internacionalmente renomadas, multitemáticas, com seus diversos laboratórios de C&T e P&D espalhados pelo país. Destacam-se: *i)* o Instituto Max-Planck-Gesellschaft (MPG), público e com mais de 70% do orçamento geral proveniente de recursos públicos, responsável pela pesquisa básica e de temas com potencial futuro em inovação, de forma complementar aos estudos das universidades, tendo 17 mil empregados, em 2013, dos quais 32% cientistas, lotados em 82 centros de pesquisas, inclusive cinco deles no exterior; *ii)* o Instituto Fraunhofer-Gesellschaft (FhG), também público, responsável pela pesquisa aplicada, arranjos de gestão, planejamento e projetos de grande porte com foco na inovação; *iii*) a Helmholtz Association, que tem grande destaque em energias renováveis, com grandes pesquisas em temas transdisciplinares e estratégicos, além de programas de pesquisa em recursos naturais e meio ambiente. Conta com 36 mil empregados, 3,8 bilhões de euros de orçamento anual, é a maior instituição de pesquisa da Alemanha; e *iv)* o Instituto Leibniz, cujo foco, anunciado como "teoria e prática", é a promoção de estudos e interações com aplicações nas áreas de ciências naturais, engenharia e meio ambiente e suas interfaces com a economia e áreas de estudos espaciais e sociais. O instituto contava, em 2013, com 89 instituições associadas, 17,2 mil empregados (8,2 mil pesquisadores) e orçamento anual em torno de € 1,5 bilhão.

Todas as instituições mencionadas tratam de diversos temas, inclusive todas as energias renováveis, desde a pesquisa básica até a inovação, tanto em grandes laboratórios dedicados quanto em laboratórios de perfil multitemático. O apoio estatal ao orçamento específico para a P&D dessas grandes instituições oscila entre 50%, no caso do MPG, e 90%, no caso do FhG.

Fonte: European Comission (s.d.); *Sites* dos institutos; EFI (2013); Cuhls e Grupp (2000).
Elaboração do autor.

Além dos programas prioritários, são destaques no modelo alemão: *i)* o Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)[9] centros de pesquisa – programa de desenvolvimento de número limitado de centros de excelência em universidades com grande visibilidade internacional; *ii)* os *clusters* de excelência – apoio à formação de *clusters* de excelência, estratégicos, planejados, temáticos e em rede; e *iii)* as unidades de pesquisa – que são agrupamentos de pesquisadores em temas específicos e também considerados prioritários em uma das 37 linhas dessa natureza.

O DFG é a instituição central gestora dos fundos de financiamento à pesquisa e inovação. Conta com seis programas (grandes fundos), que concentram 37 linhas de financiamento – fundos de pesquisa verticais e específicos por temas, inclusive os de ER, que certamente são minoria nesta ampla carteira. Outra instituição de elevada importância no modelo de inovações da Alemanha, em todos os setores industriais, é a Federação Alemã de Pesquisa Industrial (AiF), cujo foco é criar projetos, viabilizar estudos e ajudar na inserção comercial de novos produtos (Santos, 2015).

8. Marca também o modelo alemão o fato de as decisões serem tomadas em foros colegiados, com representação dos diversos seguimentos envolvidos com a pesquisa científica e com o desenvolvimento tecnológico. Para isso, as comissões deliberativas ou decisórias são o ponto de apoio na definição de políticas.
9. Em inglês: German Research Foundation.

O marco das energias renováveis na Alemanha é a Política de Recursos Energéticos Renováveis (EEG),[10] de 1991, com revisões em 2000, 2005 e 2012, a qual também consolida ações anteriores na área de energias renováveis. A política conta com planos específicos por subáreas como biomassa, eólica e solar.[11] Tanto o discurso deste quanto dos demais marcos políticos destacam a busca pelo avanço tecnológico tornado prático, ao mesmo tempo mercadoria e valor de uso para a sociedade.

BOX 3
Apoio público à P&D em ER na Alemanha e no Brasil

Segundo o *EFI Report 2013*,[1] os dispêndios do governo federal com P&D em fundos para áreas prioritárias das energias renováveis e eficiência energética passaram de € 169 milhões, em 1991, com média anual de € 165 milhões, para € 265 milhões em 2012 (R$ 715 milhões, pelo câmbio de 31 de dezembro de 2012). Mesmo na parte do governo federal, os recursos são destinados especificamente a projetos de pesquisa, por ser a infraestrutura de P&D já sólida no país, caminho que o Brasil ainda persegue. Também chama a atenção o grande aporte para o desenvolvimento do mercado – € 12,92 bilhões, em valores estimados para 2012 (EFI, 2013).

A situação brasileira (cujo produto interno bruto – PIB é comparável ao da Alemanha) é ilustrativa do pequeno porte do nosso Sier. Todo o desembolso para P&D no Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) nos temas de ER alcançou R$ 809 milhões entre 1999 e 2012 (Santos, 2015). Ou seja, em quatorze anos, o país aportou o equivalente a um ano do valor destinado pela Alemanha em programas comparáveis. De acordo com Santos (2015), deste montante, a construção ou modernização de infraestruturas laboratoriais recebeu 31,7% dos recursos desembolsados. Mudanças recentes em outras fontes de recursos importantes no Brasil, como o Programa de P&D da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), o Fundo de Tecnologia (Funtec) do BNDES, as alocações orçamentárias da Financiadora Nacional de Pesquisa (Finep) e os fundos das agências estaduais de apoio à pesquisa já superam os recursos do FNDCT a partir de 2011, indicando a possibilidade de novos caminhos do investimento em pesquisa.

Elaboração do autor.
Nota: [1] A Commission of Experts for Research and Innovation (EFI) é uma entidade composta por especialistas independentes encarregados da avaliação das ações do governo na área de ER na Alemanha.

Com uma estrutura de deliberação mais horizontal do que nos Estados Unidos, as diferenças entre os dois modelos situam-se na maior função deliberativa do parlamento e de comissões temáticas na Alemanha, enquanto nos Estados Unidos as estruturas de produção e de P&D concentram-se no DOE. Além disso, na estrutura de C&T e P&D em ER na Alemanha, há grande apelo ambiental, desde o discurso de órgãos do Estado, organizações não governamentais (ONGs), instituições de pesquisa e empresas até a legislação. Tudo se reflete na estrutura da P&D, levando o Ministério da Educação e Pesquisa (BMBF)[12] a ter mais destaque do que o próprio Ministério da Economia e Energia (BMWi)[13] nas pesquisas em energia renováveis.[14]

10. Originalmente, Erneuerbare-Energien-Gesetz.
11. Podem-se consultar, como exemplos de planos específicos por subárea de energias renováveis: The Renewable Energy Sources Act; National Biomass Action Plan for Germany; Federal Office for Agriculture and Food: Information Leaflet Sustainable Biomass Production.
12. Originalmente: Bundesministerium für Bildung und Forschung.
13. Originalmente: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie; em inglês: Federal Ministry for Economic Affairs and Energy.
14. O BMBF divide as funções de C&T e P&D na área de energias também com o Ministério do Meio Ambiente e Segurança Nuclear (BMU), além dos institutos de pesquisa e de outras agências.

Em resumo, três aspectos centrais indicam que o Brasil tem trajetória distinta de Estados Unidos e Alemanha, quais sejam: *i)* a natureza de iniciante ou de seguidor[15] na P&D em algumas ERs (solar, hidrogênio e eólica, por exemplo); *ii)* o baixo dispêndio de recursos por parte do setor privado para pesquisa nesta área no país: e *iii*) o grande porte dos centros e institutos de pesquisa comparativamente ao Brasil. Estas e outras diferenças nos estágios de formação dos Sier nos três países são apresentadas no quadro 2.

QUADRO 2
Resumo das orientações e estruturas dos Sier nos países selecionados – até 2013

Característica	Estados Unidos	Alemanha	Brasil
Direcionamento da P&D e da produção de ER	Fortes vínculos entre as IPs e as indústrias; orientado para P&D em insumos tecnológicos e geração de energia; fomento amplo à P&D e subsídios à produção (biodiesel); e empresas líderes.	Igual aos Estados Unidos, com maior grau de liberdade para as IPs; foco em desafios e eficiência em energia; subsídios para a produção de eletricidade por fontes de ER; e crescimento do mercado e P&D coordenados.	Fracos vínculos entre IPs e firmas; Orientada para a geração (biocombustíveis); fomento à P&D limitado, pequeno e pulverizado; e empresas de perfil seguidoras em P&D, exceto em biocombustíveis.
Agências e programas de apoio e financiamento	Diversas, construídas conforme temas ou grandes programas; Ações centradas no Departamento de Energia – DOE (produção e P&D); e fortes P&D nas universidades e nos estados; iniciativas negociadas com IPs e indústrias.	Diversas, com atribuições por tema e programas e setor produtivo; e destaque para o Ministério da Educação, C&T (BMBF), institutos e agência central de apoio à P&D (DFG); iniciativas negociadas com comitês, IPs e indústrias.	Duas grandes agências (Finep e CNPq); apoio BNDES recente do Fundo Tecnológico (Funtec) e sólido em linhas de crédito; P&D ancorada no MCTI (políticas e gestão do orçamento) e no Ministério da Educação (MEC) pelas IPs; programas e ações negociados com comitês, agentes diretos e governo.
Agências de P&D	Grandes laboratórios nacionais vinculados ao DOE e às universidades; redes de P&D público-privadas.	Grandes laboratórios nacionais; laboratórios dos institutos autônomos; e redes de P&D e fomento.	Forte apoio em universidades e outras IPs de pequeno e médio portes; e laboratórios nacionais (de menor porte) recentes.
Destaques na coordenação da P&D	Centralizado no DOE (coordenação vertical); Poder Executivo; e organizações fortes e consolidadas – mudanças.	Coordenação horizontal com apoio das IPs; Parlamento e comitês; e organizações/processos consolidados, enraizados.	Coordenação horizontal apoiada nas IPs, comitês, câmaras e conselhos consultivos; e Sier em consolidação (sem plano/orçamento).

Fonte: Santos (2015, com adaptações).
Elaboração do autor.
Obs.: PNA – Política Nacional de Agroenergia; IPs – Instituições de Pesquisa; DFG – Deutsche Forschungsgemeinschaft: instituição central gestora de fundos na Alemanha; BMBF, da sigla em alemão, é o ministério da educação, pesquisa e tecnologia.

3.2 Destaques da experiência brasileira de inovação em energias renováveis

No Brasil, as experiências de desenvolvimento tecnológico com biomassa energética e com hidroeletricidade são o maior destaque tanto de produção de energias renováveis quanto de promoção da P&D nesta área. Iniciadas no início do século XX, a pesquisa

15. Uma empresa ou entidade seguidora em tecnologias é aquela que adota as tecnologias desenvolvidas pelas líderes do mesmo gênero.

foi, por várias décadas, dependente das universidades, sendo posteriormente criadas instituições públicas e privadas dedicadas à P&D (Brasil, 2006).

Desde o final dos anos 1960, com o crescimento da demanda de energia, somadas as crises de oferta do petróleo e a emergência de temas ambientais, crescem também a estrutura de pesquisa (novos laboratórios, estações de campo, equipamentos etc.) e os instrumentos de incentivo, como o FNDCT. A partir da metade dos anos 1990, as estruturas de gestão (box 4) e de apoio à P&D dão um salto organizacional na área de energia como um todo que, de alguma forma, beneficia o debate e mesmo a perspectiva de apoio à pesquisa nas renováveis.

Sob a coordenação do MME e da EPE, o país adota, a partir da década de 1990, diagnósticos e projeções da produção e consumo de energias, inclusive ER, em planos como o Plano Nacional de Energia 2030 (Brasil, 2007) e os Planos Decenais de Expansão de Energia (Brasil, 2013).[16] Nos anos 2000, surgem as políticas de desenvolvimento industrial, com destaque para a Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (Pitce), de 2004, a Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP), de 2008, e o Plano Brasil Maior (PBM), de 2011. Todas estas políticas trataram energias renováveis como área estratégica, em um discurso pautado na necessidade de apoio à P&D que tornasse viáveis as ERs.

BOX 4
Instituições atuantes na gestão em C&T e P&D na área de energias – Brasil

Há, no Brasil, uma separação entre as funções de produção de energia e de promoção da correspondente pesquisa tecnológica. De um lado, o MME dedica-se à gestão da produção, com o apoio da Empresa de Pesquisa Energética (planejamento e mercado), das agências reguladoras Agência Nacional do Petróleo (ANP) e Aneel;[1] de outro lado, o MEC e o MCTI – com o apoio das agências de financiamento Finep e CNPq, das universidades e dos institutos de pesquisa do MCTI – cuidam da promoção da pesquisa, inclusive em ER. Recentemente, o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) passou a atuar mais fortemente na interface entre a P&D e os incentivos ao desenvolvimento de bens industriais e à geração de energia, com foco em ganhos de competitividade.

A Casa Civil e os ministérios da Fazenda e do Planejamento (devido às funções de contingenciamento de recursos e de planejamento orçamentário) também interferem na definição das políticas e até na pauta da P&D. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), o MDIC e o Ministério do Meio Ambiente (MMA) também atuam na formulação de políticas e na gestão da P&D, principalmente no tocante à biomassa energética, aos biocombustíveis e às atividades produtivas.

Diferentemente dos países já destacados, o orçamento para a P&D na área de ER no país não conta com planos duradouros, abrangentes e com uma clara definição de rumo para o longo prazo. Além disso, não há uma clara definição da alocação dos recursos entre ações de pesquisa básica, apoio ao ensino regular, apoio à modernização ou construção de infraestruturas de pesquisa, ou para a P&D propriamente dita.

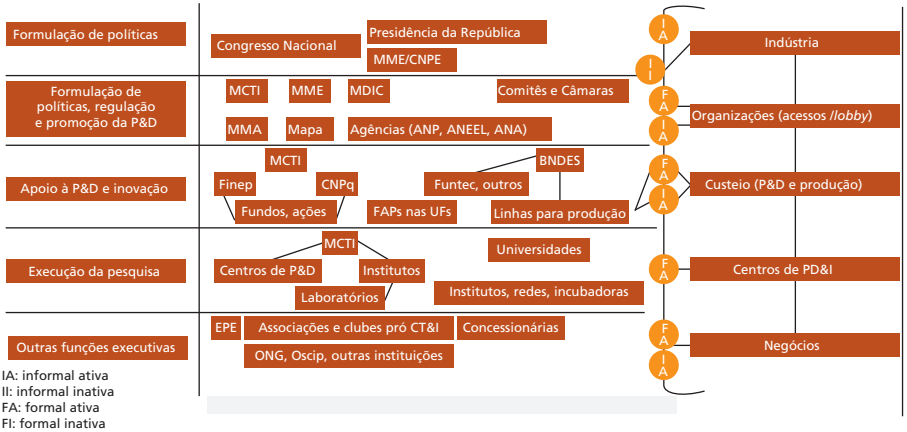
Elaboração do autor.
Nota: [1] Em parceria com institutos de P&D e universidades, a ANP e a Aneel têm ampliado ações de promoção da P&D, a partir da gestão de recursos, da elaboração de regras de acesso a fundos, da regulação da exigência de aplicação de recursos por empresas exploradoras de recursos naturais no país.

16. Ver detalhes em Brasil (2006; 2007; 2013), documentos de diagnóstico e base de orçamentos para o desenvolvimento da produção e da pesquisa em energias no país.

As principais fontes de financiamento são fundos alimentados por repasses previstos nas leis nºs 7.990/1989 (estabelece compensação financeira pela exploração de recursos naturais), 8.172/1991 (reestabelece os fundos setoriais de C&T e inovação), 9.478/1997 (política energética e atribuições de agências) e 9.991/2000 (regula ações em P&D e eficiência energética) e oriundos da atividade de geração de energia elétrica e da extração de petróleo, além de recursos orçamentários da União.

Além das características já descritas, a configuração do Sier se completa com outras instituições, funções e fluxos, que são apontados, de forma resumida, na figura 1.

FIGURA 1
Configuração do Sier[1]



Elaboração do autor.
Nota: [1] Cabe observar, acerca da figura 1, que não há estanqueidade de ações; pelo contrário, os papéis de um ou de outro órgão perpassam mais de uma das funções indicadas na coluna mais à esquerda na figura.
Obs.: IA – informal ativa; II – informal inativa; FA – formal ativa; e FI – formal inativa.

Na figura 1, os atributos de formalidade ou informalidade têm o caráter meramente interpretativo da forma de interação entre as indústrias e as instituições dentro do Sier, sem analisar a eficácia e efetividade do modelo. Os atributos IA, FA e FI (este último não identificado nas interações) procuram sintetizar o tipo de interação que existe entre as instituições que compõem o Sier e as indústrias relativamente a cada um dos componentes destacados na primeira coluna. As notações resultam das observações elencadas a seguir.

1) Na função de formulação e regulação (os dois níveis mais altos na figura 1): há previsão legal de interação, e os instrumentos ou mecanismos de coordenação estão presentes. Há comitês, câmaras ou comissões e conselhos instituídos, que dialogam com a indústria, que inclusive possuem cadeiras nestes espaços, justificando a notação FA. Entretanto, o núcleo que decide (Presidência, Casa Civil, Fazenda, Planejamento), imputa ações

ad hoc (como contingenciamento de recursos para os fundos setoriais ou tratamento de demandas avulsas, seja negando, seja atendendo, fora da dinâmica do Sier). Por isso, foi indicada IA para a interação e II para a (não) coordenação. Na mesma função, indicou-se IA, em função da possibilidade de diálogo (interação) direto entre as indústrias e os dois níveis de formulação/regulação, o que ocorre, principalmente, nos casos de "balcão", contatos pessoais, em função de entraves ou dificuldades de parte dos agentes em seguir a forma FA.

2) Na função de apoio à P&D e à inovação: há previsão legal de interação (comitês e câmaras dos fundos setoriais, por exemplo) que tem sido utilizada, em que pesem críticas de sua autonomia e capacidade de resolver grandes desafios; e há mecanismos (recursos compulsórios para os fundos setoriais e para o programa de P&D da Aneel). Na mesma função, observa-se (na *interface* Finep/BNDES com as indústrias), também, a interação do tipo IA, na medida em que a demanda da indústria por P&D (ou para outros custeios de forma indireta) raramente ocorre de maneira integrada e planejada com a promoção da produção. Neste aspecto, o recente Plano BNDES-Finep de Apoio à Inovação dos Setores Sucroenergético e Sucroquímico (Paiss), uma das raras exceções de maior interação com contrapartidas, cujos pressupostos, formato e efetividade devem ainda ser avaliados.

3) Na função de execução da pesquisa: este nível central da P&D é considerado formal ativa pela previsão legal de interações e com mecanismos vigentes, seja nos fundos setoriais, seja em outros instrumentos legais. Mais uma vez, ressalta-se que a efetividade da interação entre as instituições públicas e privadas de P&D e o grau de efetivação das ações formalizadas (parcerias de P&D, pesquisas e financiamento conjuntos) não são aqui avaliados, sendo um tema de grande importância para outros estudos.

4) Na função produção e outras: aqui a interação é considerada formal e ativa, como se espera de fato da efetivação dos negócios, na parte de contratação (exemplo do processo de contratação de energia por meio de leilões). No que se refere à coordenação dessa função, porém, pode-se interpretá-la também como naturalmente informal ativa, por exemplo, no caso de reivindicação e defesa de posição dos agentes por fatias maiores de energia renovável a ser adquirida.

Cabe ainda a ressalva de que a notação FI poderia ser atribuída em casos pontuais de coordenação ou de interações (a exemplo de previsão de projetos e ações de P&D) em que, mesmo com previsão legal, e até com muito diálogo, não se confirmasse a coordenação de fato. Há de se ressaltar, entretanto, que não é

necessariamente o desenho do sistema de inovação que irá determinar seu sucesso de qualquer forma. Retomando a concepção sintetizada por Niosi *et al*. (2003), todas as dimensões mencionadas que levem ao enraizamento da P&D são tão relevantes quanto os fluxos ou as instituições isoladas.

4 CARACTERÍSTICAS DA INFRAESTRUTURA DE P&D EM ENERGIAS RENOVÁVEIS NO BRASIL – RESULTADOS DA PESQUISA

Entre as cem infraestruturas consideradas como atuantes em pesquisas em energias renováveis que responderam à pesquisa, 98 são laboratórios e duas são plantas-piloto. Estas infraestruturas estão distribuídas em 38 instituições que responderam à enquete elaborada pelo CNPq, sendo 31 pertencentes ao grupo considerado como de referência em ER no país, de acordo com os critérios listados na seção *Metodologia*, embora não tenham sido necessariamente as mesmas infraestruturas respondentes.

Pelo conjunto das instituições e infraestruturas respondentes, considerou-se que a amostra tenha atendido satisfatoriamente aos objetivos desta pesquisa, principalmente por ter possibilitado observações sobre o perfil, sendo importantes aspectos como: porte e área de atuação diferenciados dos laboratórios; perfil do quadro de profissionais dedicados à P&D; nível de acesso aos projetos no CNPq e na Finep; distribuição regional dos grandes laboratórios; percepção comparativa dos pesquisadores quanto ao seu posicionamento em relação aos outros laboratórios; divulgação das dificuldades e necessidades das infraestruturas; e perfil da interação com empresas e outros setores.

Entre os respondentes, encontram-se laboratórios e/ou instituições já consolidados em realização de pesquisas na área de energias e que faziam parte da seleção inicial, a exemplo de alguns departamentos e institutos da Universidade de São Paulo (USP), da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), da Universidade de Brasília (UnB), do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), do Instituto Nacional de Tecnologia (INT) e da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Há também laboratórios novos, em fase de consolidação de pesquisas em ER, como o Centro de Tecnologia do Bioetanol (CTBE), a Embrapa Agroenergia, a Universidade Federal de Goiás (UFG) e a Universidade Federal da Bahia (UFBA). Outras participantes são infraestruturas iniciantes, de acordo com o mencionado pelos coordenadores de algumas infraestruturas da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) e da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), de acordo com as respostas obtidas da enquete aplicada. Todas essas infraestruturas estão incluídas nos resultados apresentados nas seções seguintes, de acordo com a metodologia apresentada.

Quanto aos resultados, mais uma vez, adverte-se que se trata de um estrato importante das instituições da área de ER, mas pode não representar o completo perfil das instituições de P&D em energias no Brasil; por isso, o texto procura não fazer inferências e generalizações em alguns aspectos. Por outro lado, é importante observar que são raros os temas abordados em que há diferenças consideráveis nas respostas das cem infraestruturas de ER em relação às respostas de todas as 1.760 infraestruturas.

4.1 Porte e distribuição regional das infraestruturas

A distribuição das infraestruturas respondentes, por região, bem como o número de instituições e a sua participação em cada um dos aspectos levantados, é apresentada na tabela 1. O grande número de pesquisadores (74% do total de 537) e de infraestruturas (67% das cem amostradas) nas regiões Sul e Sudeste pode ser considerado, em termos de amostra,[17] convergente com a realidade de maior capacidade de P&D nessas regiões, a qual segue a concentração do PIB, de geração de energias, inclusive as renováveis, assim como as maiores instituições de ensino e de pesquisa.

TABELA 1
Distribuição regional das instituições de pesquisa e suas infraestruturas no Brasil

Região	Número de infraestruturas	Número de instituições		Pesquisadores por infraestrutura			Porte das infraestruturas			
		Número	%	Número	%	Média	P	PM	MG	G
Centro-Oeste	16	4	10,53	54	10,05	3,38	9	6	1	
Nordeste	15	9	23,68	77	14,34	5,13	6	6	3	
Norte	2	2	5,26	9	1,68	4,5		1	1	
Sudeste	46	16	42,11	277	51,58	6,02	28	11	6	1
Sul	21	7	18,42	120	22,35	5,71	12	7	2	
Brasil	**100**	**38**	**100**	**537**	**100**	**5,37**	**55**	**31**	**13**	**1**

Fonte: Resultados da pesquisa CNPq/Ipea.

De acordo com a tabela 1, 64% das infraestruturas iniciaram as atividades após 2000, sendo que 31% das cem funcionam desde 2010, ante 19,5% no total da amostra de 1.760. Cabe destacar que o número de pesquisadores é muito baixo (cinco por infraestrutura em média) se comparado ao de desafios do setor e ao porte dos países líderes. Este número é o mesmo observado nas infraestruturas das demais áreas contempladas pela pesquisa.

17. Os dados de distribuição regional (tabelas 1 e 2), embora reflitam essencialmente aspectos da amostra, são dados significativos, pois refletem a abrangência e a diversidade observadas na pesquisa prévia.

Além dos dados da tabela 1, cabe lembrar que são raros os laboratórios dedicados somente às ERs, além de haver apenas quatorze, entre os cem respondentes, cujo porte foi estimado acima de R$ 5 milhões. Dos quatorze, três encontram-se na faixa entre R$ 20 milhões e R$ 30 milhões, um entre acima de R$ 20 milhões e R$ 30 milhões e um acima de R$ 100 milhões. Os demais 86 laboratórios, entre os cem de ER, foram estimados em valores inferiores a R$ 5 milhões em 2013. Ao todo, os cem laboratórios que atuam em ER tiveram valor estimado de seus equipamentos em R$ 819 milhões, sendo predominantes as infraestruturas de pequeno e pequeno-médio porte, que, somadas, equivalem a 84% das respondentes.

As áreas de atuação em energias renováveis de cada infraestrutura, por tipo de fonte em que têm capacidades, assim como a sua distribuição por regiões é apresentada na tabela 2. Cabe lembrar que diversas infraestruturas realizam pesquisas em mais de uma fonte, o que resulta em 156 capacidades de pesquisa, no conjunto das cem infraestruturas. São predominantes aquelas dos grupos de biomassa e hidroeletricidade, seguidas de eólica/solar/marés. Também na tabela 2, trata-se da amostra apenas.

TABELA 2
Quantidade e capacidades das infraestruturas segundo o tipo de energia e a região

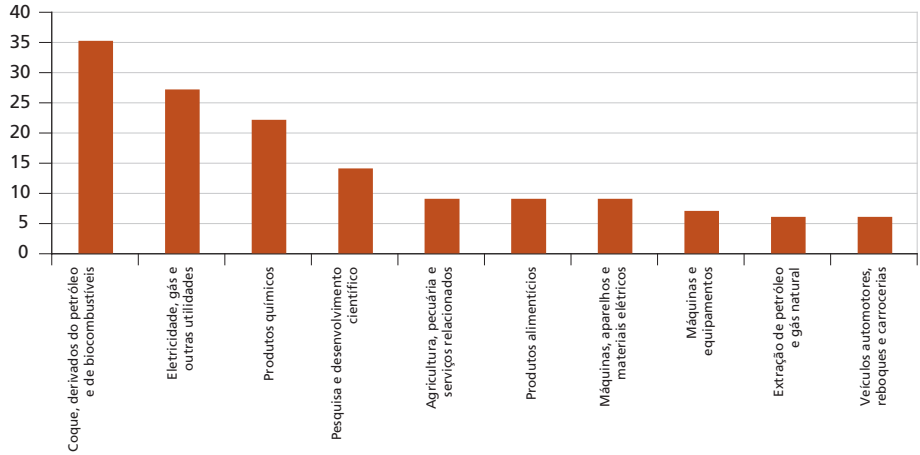
	Número de infraestruturas com capacidades segundo a amostra				
Tipo de fonte	Centro-Oeste	Nordeste	Norte	Sudeste	Sul
Hidroeletricidade	3	8	1	20	9
Biomassa	11	9	1	17	16
Hidrogênio	–[1]	–	–	10	2
Eólica/solar/marés	3	–	3	13	4
Energias em geral	5	–	6	11	4

Fonte: pesquisa CNPq/Ipea.
Nota: [1]Ausência de infraestrutura no tipo de fonte e região apontadas.

Essas capacidades de pesquisa podem ser também atribuídas em função do tipo de atividade econômica a que o trabalho das infraestruturas mais se assemelha. Um dos itens da enquete solicitou que se indicasse pelo menos uma dessas atividades, resultando 36 seções da Classificação Nacional de Atividades Econômicas – CNAE (anexo B), sendo as principais mostradas no gráfico 1.[18] Embora as seções da CNAE sejam abrangentes, no caso de energias renováveis, a fabricação de biocombustíveis, hidroeletricidade e processos de desenvolvimento destas e das demais energias de fato são os principais campos de P&D, havendo convergência com as atividades indicadas no gráfico 1.

18. A soma das atividades supera as cem infraestruturas, pois elas se enquadram em mais de uma atividade da CNAE.

GRÁFICO 1
Principais atividades econômicas de atuação das infraestruturas



Fonte: Pesquisa CNPq/Ipea.

Com relação às parcerias e aos estudos realizados pelas infraestruturas, a enquete identificou o vínculo do pesquisador usuário, seja do Brasil, seja do exterior, com as infraestruturas (tabela 3). As respostas obtidas revelam o peso da atividade de ensino, dado que graduação e pós-graduação (583 + 680) equivalem a 55% dos 2.306 usuários do Brasil nas cem infraestruturas de ER em 2012. O número de usuários externos pode ser considerado muito baixo, mas segue o perfil das demais infraestruturas. Merece destaque o fato de apenas 29 das cem infraestruturas possuírem usuários pesquisadores de empresas.

TABELA 3
Usuários das infraestruturas por tipo de vínculo

Vínculo do pesquisador usuário	Usuários do Brasil	Usuários do exterior	Número de infraestruturas por tipo de vínculo
Alunos de graduação	583	8	50
Alunos de pós-graduação	680	41	55
Pesquisadores da mesma instituição (exceto a equipe da infraestrutura)	387	13	53
Pesquisadores de empresas	254	6	29
Pesquisadores de outras instituições	402	27	46

Fonte: pesquisa CNPq/Ipea.

4.2 Recursos humanos

Na questão dos recursos humanos, um dos itens abordados foi a preocupação das instituições com a quantidade e a qualificação profissional. Apenas 970 pessoas tiveram algum tipo de vínculo trabalhista nas cem infraestruturas, sendo que, destes, 537 (55%) são pesquisadores, dos quais 348 (64,8%) são servidores públicos, percentuais muito próximos dos observados na amostra total de 1.760 respondentes. Os dados das respostas estão resumidos na tabela 4.

TABELA 4
Distribuição dos pesquisadores por tipo de vínculo

Tipo de vínculo	**Total**	(%)
Bolsista	**64**	11,92
Celetista	**85**	15,83
Outro	**26**	4,84
Pesquisador visitante	**14**	2,61
Servidor público	**348**	64,80
Soma	**537**	100,00

Fonte: Pesquisa CNPq/Ipea.

Do total de 537 pesquisadores que atuaram nas infraestruturas, foi informada a titulação de 497, conforme a tabela 5, sendo bastante significativa a proporção de 81,49% de doutores e também a de 13,88% de mestres, embora o número de pesquisadores seja muito baixo.

TABELA 5
Titulação dos pesquisadores da área de energias renováveis entre os respondentes

Titulação máxima	**Total**	%
Doutorado	**405**	81,49
Ensino médio (segundo grau)	**1**	0,20
Especialização	**2**	0,40
Graduação	**16**	3,22
MBA	**2**	0,40
Mestrado	**69**	13,88
Mestrado profissionalizante	**1**	0,20
Outros	**1**	0,20
Total [1]	**497**	**100,00**

Fonte: Pesquisa CNPq/Ipea.
Nota: [1] Respondentes entre os 537.

Quanto ao número de pesquisadores com a titulação de doutor, apurou-se que 81,5% possui este título, ante 72,5% no total das 1.760 infraestruturas. Outros 14,9% possuem o título máximo de mestre. No conjunto de pessoal da área com os vinculados a projetos dela, chega-se a 794 dos pesquisadores (tabela 6), os quais são, predominantemente, das engenharias e ciências exatas e da Terra. Este perfil de especialidades reflete o que se poderia esperar da P&D em energias no Brasil em função de grande parcela da sua matriz energética ser originária de biomassa e hidroeletricidade, que são diretamente relacionadas às áreas do conhecimento mencionadas.

TABELA 6
Número de pesquisadores dos laboratórios por grande área do conhecimento

Grande área	Número de pesquisadores[1]	(%)
Engenharias	443	55,79
Ciências exatas e da terra	178	22,42
Ciências biológicas	87	10,96
Ciências agrárias	55	6,93
Ciências da saúde	21	2,64
Outra	10	1,26

Fonte: Pesquisa CNPq/Ipea.
Nota [1] O total de pesquisadores, quando somados os vinculados a outras áreas, mas que atuam em ER, chega a 794, ante os 537 lotados nas infraestruturas de ER, situação em que, além das cem infraestruturas da amostra, há outras 28 associadas.

Embora tenha sido bastante alta a titulação informada, como mostra a tabela 5, ao serem indagados sobre a adequação da formação e do número de profissionais, os coordenadores apontam insatisfação com o quadro de pessoal que possuem (tabela 7). Apenas 18,75% responderam que o número de pesquisadores é adequado e apenas 51,25%, que a formação destes profissionais é adequada. Por seu turno, o número e a qualificação dos profissionais de apoio foram considerados adequados em 70% e 72,5%, respectivamente.

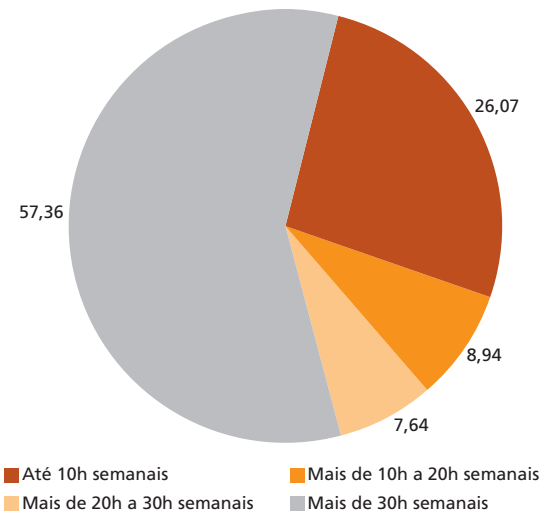
TABELA 7
Avaliação dos coordenadores sobre a formação e o quantitativo de pessoal
(Em %)

Nome	Adequado	Pouco adequado	Inadequado	Não se aplica
Formação dos pesquisadores	51,25	27,5	18,75	2,5
Número de profissionais de apoio técnico	70	20	0	10
Qualificação dos profissionais	72,5	5	0	22,5
Número de pesquisadores	18,75	38,75	40	2,5

Fonte: Pesquisa CNPq/Ipea.

Foi também indagado sobre o tempo médio de dedicação à pesquisa (gráfico 2), sendo que as maiores frequências são de até trinta horas semanais (57%) e de dez horas (26%) ante 56,7% e 28,7% para trinta horas e dez horas, respectivamente, no caso das 1.760 infraestruturas. Aliado ao fato de as infraestruturas serem predominantemente de porte pequeno, ao fato de terem em média apenas cinco pesquisadores por laboratório e apenas 3,5 pesquisadores pertencentes ao quadro de servidores efetivos, tem-se um alerta para os limites da capacidade de realização de P&D de ponta nestas infraestruturas. Nessa condição, a contribuição dessas infraestruturas situa-se muito mais em C&T do que em desenvolvimento de produtos.

GRÁFICO 2
Tempo de dedicação dos pesquisadores à P&D
(Em %)

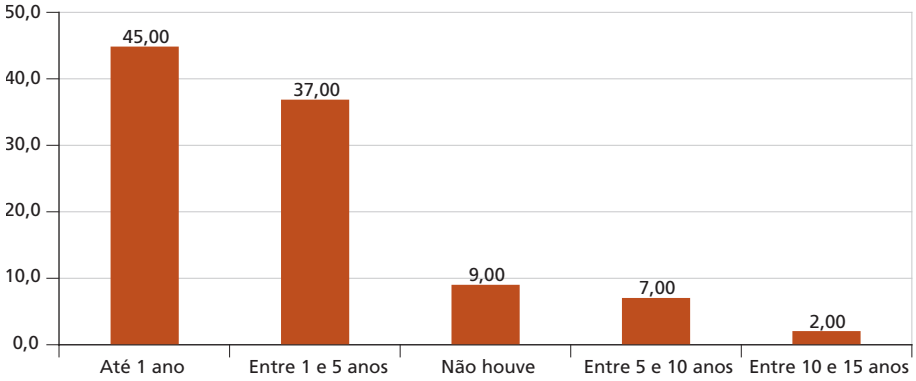


Fonte: Pesquisa CNPq/Ipea.

4.3 Financiamento à pesquisa e porte das infraestruturas

Além dos dados de porte já apresentados, outras perguntas da enquete trouxeram informações que revelam o perfil das infraestruturas atuantes na área de P&D em energias renováveis no país. Segundo os dados, 82% dos laboratórios tiverem investimentos significativos para modernização nos últimos cinco anos, de acordo com o gráfico 3.

GRÁFICO 3
Período da última modernização das infraestruturas
(Em %)



Fonte: Pesquisa CNPq/Ipea.

Os dados de financiamento à pesquisa (tabela 8) apontam que o setor público é o principal responsável pelos recursos, fato já esperado uma vez que a maioria dos respondentes são infraestruturas públicas. A Petrobras tem grande destaque no financiamento (21,77% dos recursos), participação quase idêntica da empresa na amostra global, que alcançou 22,95% da receita das 1.760 infraestruturas. No caso de energias renováveis, a participação da Petrobras reflete seu posicionamento e metas de produção, em 2017, de produzir 15% do etanol e 25% do biodiesel do país.

TABELA 8
Fontes de recursos e acesso das infraestruturas (2012)

Entidade financiadora	Número de infraestruturas por fonte acessada	Renda (R$)	Contribuição (%)
Capes	28	3.487.840	1,7
CNPq	50	11.778.660	5,75
Empresa privada	30	21.150.948	10,32
Finep	18	34.665.621	16,92
Fundo Estadual de Amparo	42	18.676.642	9,11
Outra	11	12.979.464	6,33
Outra empresa pública	9	6.449.000	3,15
Outra instituição pública	3	4.401.000	2,15
Petrobras	20	44.619.199	21,77
Prestação de serviços	13	4.681.610	2,28
Própria instituição	32	42.039.991	20,51

Fonte: Pesquisa CNPq/Ipea.

Os dados da tabela 8 também mostram que, do total aproximado de R$ 205 milhões/ano informados como "renda" no ano 2012, resulta uma média de R$ 2,05 milhões por infraestrutura no ano (embora se reconheçam os limites inerentes às médias). Com este perfil diminuto, parece ser difícil uma mudança de patamar em P&D, mesmo que todos os recursos sejam aplicados efetivamente em pesquisas propriamente ditas. Cabe ainda ressaltar que a parcela da receita advinda de entes públicos supera 59%, sem contar a grande participação da Petrobras, com 21,77%, seguindo a mesma importância desta empresa em relação ao conjunto das 1.760 infraestruturas, que alcança 22,95%.

Abrindo um pouco mais as informações (tabela 9), percebe-se que houve, entre as cem respondentes da área de ER, trinta instituições cujos custos operacionais foram de até R$ 50 mil, sendo que 54 em cem tiveram custos operacionais de até R$ 200 mil apenas, o que também ilustra o pequeno porte das infraestruturas.

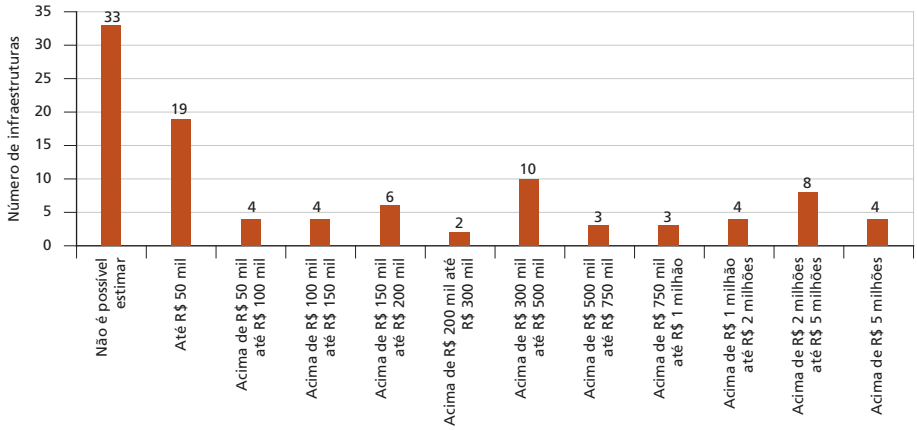
TABELA 9
Custos operacionais anuais das infraestruturas por faixa (2012)

Custos operacionais	Número de infraestruturas
Até R$ 50 mil	30
Acima de R$ 50 mil até R$ 100 mil	9
Acima de R$ 100 mil até R$ 150 mil	6
Acima de R$ 150 mil até R$ 200 mil	7
Acima de R$ 200 mil até R$ 300 mil	10
Acima de R$ 300 mil até R$ 500 mil	10
Acima de R$ 500 mil até R$ 750 mil	2
Acima de R$ 750 mil até R$ 1 milhão	7
Acima de R$ 1 milhão até R$ 2 milhões	2
Acima de R$ 2 milhões até R$ 5 milhões	5
Acima de R$ 5 milhões	1
Não é possível estimar	11
Total	**100**

Fonte: Pesquisa CNPq/Ipea.

Além dos dados dos custos operacionais, foi indagado sobre as receitas totais em 2012, obtendo-se respostas de que 33 das infraestruturas não tiveram condições de estimar a receita e outras 33 a estimam em até R$ 200 mil/ano (gráfico 4). Mesmo a receita das dezesseis infraestruturas com valores acima de R$ 1 milhão não é um bom indicador, ao se considerar que parte desta receita não se aplica à P&D, mas à manutenção e outras atividades.

GRÁFICO 4
Faixas de receita das infraestruturas de pesquisa (2012)



Fonte: Dados da pesquisa.

Outra pergunta acerca do porte das infraestruturas procurou saber dos coordenadores qual a estimativa de valor monetário, por faixa, é atribuída para a unidade respondente (tabela 10). Mais uma vez, percebe-se o pequeno porte, sendo 55 as infraestruturas de valor até R$ 1 milhão. Este dado, porém, deve ser observado com restrições, devido às distintas atividades desenvolvidas e às distintas formas de se classificar um laboratório como uma infraestrutura nas diferentes instituições.

TABELA 10
Distribuição das infraestruturas por faixas de valor estimado

Faixa estimada	Número de infraestruturas
Até R$ 500 mil	39
Acima de R$ 500 mil até R$ 1 milhão	16
Acima de R$ 1 milhão até R$ 3 milhões	25
Acima de R$ 3 milhões até R$ 5 milhões	6
Acima de R$ 5 milhões até R$ 10 milhões	9
Acima de R$ 10 milhões até R$ 20 milhões	3
Acima de R$ 20 milhões até R$ 30 milhões	1
Acima de R$ 100 milhões até R$ 200 milhões	1
Total	**100**

Fonte: Pesquisa CNPq/Ipea.

Todas essas informações, devem ser analisadas à luz de outras variáveis de perfil, como o pequeno número de servidores, o tipo de pesquisa desenvolvida e se o laboratório é iniciante ou não. Por exemplo, laboratórios que desenvolvem

atividades com biomassa energética, ou que estejam ligados à química ou à biologia e que trabalham em temas de energias renováveis não necessariamente precisam ser grandes, pois isso vai depender da atividade específica e do tipo de desafio enfrentado. Além disso, mesmo os pequenos laboratórios que trabalham nas atividades de C&T e ensino (graduação e pós) são importantes nesta parte, embora possam não ter as condições de efetivar grandes projetos sem parcerias na área.

4.4 Acreditação, prestação de serviços e cooperação nas infraestruturas

Apenas cinco das cem infraestruturas (lembrando que 98 são laboratórios e dois são plantas-piloto) têm algum tipo de acreditação, sendo a modalidade ensaios a mais acreditada em quatro delas. Entre as atividades exercidas em 2012 pelos cinco laboratórios acreditados em algum tipo de serviço técnico científico na área de ER, destacam-se ensaios químicos, biológicos e mecânicos, certificação e boas práticas laboratoriais. Não há elementos suficientes na amostra para que se possam fazer maiores inferências. De todo modo, as modalidades habilitadas, listadas no anexo B, tabela B.3, podem ser um ponto de partida para levantamentos futuros que englobem outras dificuldades na acreditação.

Com relação à interação dos pesquisadores com usuários externos envolvendo a prestação de serviços técnico-científicos por parte das infraestruturas, foram obtidas informações qualitativas das infraestruturas (tabela 11) acerca de quais atividades realizaram em 2012 e para quem. Percebe-se que as empresas foram as principais demandantes da prestação de serviços, com destaque para as atividades de ensaios e testes (com 37 infraestruturas atendendo a empresas), de consultoria (34), desenvolvimento e aperfeiçoamento de processos (trinta) e desenvolvimento e aperfeiçoamento de produtos (25). Estes são, também, os tipos de serviço mais demandados para o conjunto dos demandantes, juntamente com a análise de propriedades físico-químicas e de materiais.

TABELA 11
Tipo de serviço prestado e quantidade de infraestruturas prestadoras por demandantes

Número	Tipo de serviço técnico-científico	Demandante				
		Governo	Pesquisadores	Empresas	Outros	**Total**
1	Consultoria e assessoria técnico-científicas	14	14	34	3	**65**
2	Ensaios e testes	12	21	37	2	**72**
3	Desenvolvimento e aperfeiçoamento de processos	8	15	30	2	**55**
4	Análise de propriedades físico-químicas	7	25	21	2	**55**
5	Análise de materiais	7	21	20	2	**50**
6	Informação tecnológica	6	10	20	1	**37**
7	Serviços ambientais	3	6	10	1	**20**
8	Inspeção	2	0	4	1	**7**

(Continua)

(Continuação)

Número	Tipo de serviço técnico-científico	Demandante				
		Governo	Pesquisadores	Empresas	Outros	**Total**
9	Desenvolvimento e aperfeiçoamento de produtos	6	10	25	0	**41**
10	Elaboração e testes de protótipos	5	11	22	0	**38**
11	Exames laboratoriais	3	9	9	0	**21**
12	*Scale up* (escalonamento)	3	4	9	0	**16**
13	Calibração	3	6	7	0	**16**
14	Certificação	0	3	5	0	**8**
15	Metrologia	2	4	3	0	**9**
16	Outros	0	0	2	0	**2**
17	Acesso a banco de células, microrganismos etc.	1	4	0	0	**5**
18	Manutenção de equipamentos científicos	0	2	0	0	**2**

Fonte: Pesquisa CNPq/Ipea.

Ainda de acordo com a tabela 8, a interação com potencial de gerar novos produtos (itens 2, 3, 4, 5, 9 e 10, demandados por empresas e pesquisadores) resultou em 258 interações (50% da demanda total). Sobre o mesmo tema, além dos dados da tabela, foi relatado que 67% das infraestruturas prestaram algum tipo de serviço em 2012, ao todo, e 54% o fizeram para empresas.

A pergunta sobre as atividades de cooperação entre as infraestruturas e as agências de fomento (tabela 12) buscou respostas para dois aspectos: *i)* a existência ou não de cooperação; e *ii)* que os coordenadores julgassem a importância das distintas formas de cooperação. Segundo as respostas, foi atribuída maior importância à cooperação com agências de fomento brasileiras (sessenta respostas em 86 com grau "alto"), seguida da cooperação com instituições brasileiras (cinquenta em 87) e com empresas brasileiras (43 em 79). Já a cooperação com instituições estrangeiras, obteve grau "alto" em apenas 29 das 69 cooperações efetivadas.

TABELA 12
Atividades de cooperação e grau de importância atribuída pelos respondentes

Atividade de cooperação	Alto	Médio	Baixo	**Total**
Cooperação com agências de fomento brasileiras	60	19	7	**86**
Cooperação com agências de fomento internacionais	16	12	22	**50**
Cooperação com empresas brasileiras	43	24	12	**79**
Cooperação com empresas estrangeiras	6	16	14	**36**
Cooperação com instituições brasileiras	50	26	11	**87**
Cooperação com instituições estrangeiras	29	21	19	**69**
Total de atividades de cooperação	204	118	85	**407**

Fonte: Pesquisa CNPq/Ipea.

Com relação à intensidade de utilização das infraestruturas (tabela 13). De acordo com as respostas, 86 das cem infraestruturas têm uso contínuo na atividade de pesquisa, 56 têm uso contínuo em desenvolvimento de tecnologia e 41 têm uso contínuo na atividade de ensino. Já as atividades de prestação de serviços e extensão são mais esporádicas, havendo 38 e 33 das cem infraestruturas nesta condição.

TABELA 13
Intensidade do uso das infraestruturas de pesquisa

Intensidade de uso	Contínuo	Alguns dias da semana	Alguns dias do mês	Esporádico
Atividade de pesquisa	86	8	4	1
Atividades de ensino	41	18	13	18
Desenvolvimento de tecnologia	56	7	10	12
Prestação de serviço	16	6	11	38
Atividade de extensão	15	5	7	33
Outra	2	0	0	1

Fonte: Pesquisa MCTI/Ipea.

4.5 A percepção dos coordenadores sobre as condições dos laboratórios

Em uma das perguntas do questionário aplicado foi solicitado aos coordenadores das infraestruturas que avaliassem as condições dos equipamentos e da formação/qualificação da equipe de trabalho. Interpreta-se que na primeira das respostas (tabela 14), o destaque foi a avaliação de que a condição dos insumos é positiva em 85% (soma de *muito bom* e *bom*), seguida, nesta soma de atributos, da manutenção (76%). Por sua vez, as condições de equipamentos e de instalações físicas obtiveram avaliação mediana (soma de *regular* e *bom* tendo destaque), com 71% e 72%, respectivamente, nesta condição.

TABELA 14
Opinião dos coordenadores sobre as condições físicas dos laboratórios
(Em %)

Avaliação das condições	Insumos	Equipamentos	Manutenção	Instalações
Muito bom	52	18	31	11
Bom	33	38	45	30
Regular	10	33	18	42
Não se aplica	5	2	3	2

Fonte: Pesquisa CNPq/Ipea.

Quanto à percepção acerca dos recursos humanos (tabela 15), o item f*ormação dos pesquisadores* foi considerado adequado em 51,25% das respostas, abaixo do percentual atribuído à *qualificação de profissionais* (72,5%).[19] É relevante o fato de a avaliação da formação dos pesquisadores ter sido considerada *pouco adequada*

19. No item *qualificação de profissionais*, pode ter havido algum erro de interpretação, de forma de responder, ou outro não identificado, uma vez que o percentual de 22,5% atribuído a *não se aplica* parece ser muito alto.

ou *inadequada* para 46,25% dos respondentes, quando somadas as duas opções. O número de servidores de apoio foi considerado adequado por 70% dos respondentes. Contudo, apenas 18,75% responderam que o número de pesquisadores é adequado, 78,85% consideram este número *inadequado* ou *pouco adequado* quando somados. Os dados passam uma mensagem clara dos respondentes, de que há um gargalo de quantidade e, a seguir, de capacitação ou formação de pesquisadores.

TABELA 15
Opinião dos coordenadores sobre os recursos humanos dos laboratórios
(Em %)

Aspectos	Adequado	Pouco adequado	Inadequado	Não se aplica
Formação dos pesquisadores	51,25	27,5	18,75	2,5
Número de profissionais de apoio técnico	70	20	0	10
Qualificação de profissionais	72,5	5	0	22,5
Número de pesquisadores	18,75	38,75	40	2,5

Fonte: Pesquisa CNPq/Ipea.

Considerando-se os dados das duas últimas tabelas acerca das condições físicas e dos recursos humanos, pode-se notar que há uma sinalização dos respondentes no sentido de que não pode haver descolamento entre o fortalecimento das infraestruturas e dos recursos humanos, uma vez que ambos foram avaliados como limitados em um aspecto ou outro. Essa interpretação pode estar reforçada nas respostas a outra pergunta da enquete, sobre a avaliação dos coordenadores acerca das instalações físicas e capacidades das infraestruturas no momento (tabela 16). Parece coerente o predomínio das opções *adequada* em relação aos padrões brasileiros de infraestruturas de P&D na área (35% das respostas), vindo a seguir a avaliação de *avançada* em relação aos padrões brasileiros, mas distante dos padrões de ponta no exterior (32% das respostas).

TABELA 16
Percepção dos coordenadores sobre a capacidade técnica dos laboratórios

Avaliação da capacidade técnica	Número de infraestruturas
Adequada e compatível com a observada em outras infraestruturas do gênero no Brasil	35
Avançada e compatível com a observada nas melhores infraestruturas do gênero no exterior	19
Avançada em relação aos padrões brasileiros, mas ainda distante da observada nas melhores infraestruturas do gênero no exterior	32
Não sabe	1

Fonte: Pesquisa CNPq/Ipea.
Nota: [1] O quadro foi elaborado a partir das respostas ao seguinte comando: *Essa é uma questão relativamente subjetiva, na qual se procura saber do coordenador da infraestrutura sua opinião sobre a distância e/ou proximidade daquela infraestrutura em relação à fronteira tecnológica da sua área de atuação. Marcar apenas uma opção* (Questionário da pesquisa CNPq/Ipea, item17).

Ainda com relação à tabela 16, a interpretação dada por 19% dos coordenadores de que as infraestruturas sob sua responsabilidade são comparáveis ao que há de melhor no plano global – portanto, avançadas – é um fato relevante. Neste sentido, elaborou-se o quadro 3, que traz dados selecionados dessas dezenove instituições, de modo a mostrar os elementos mais relevantes do seu perfil. Destacam-se os seguintes aspectos entre as avançadas: há distintos portes, de acordo com a classificação adotada, mas onze das dezenove têm porte estimado acima de R$ 2 milhões; há antigas e novas infraestruturas, mas todas modernizadas recentemente; há maior dedicação contínua dos pesquisadores à pesquisa; as instalações estão em boas condições; há proporção maior de prestação de serviços técnico-científicos (79% ante 67% no conjunto das cem), sendo 68% para empresas ante 58% nas demais. Ainda assim, o número de pesquisadores foi considerado baixo por 68% dos respondentes, e a sua formação foi avaliada como inadequada para 32% dos que responderam à enquete nas dezenove instituições destacadas.

QUADRO 3
Perfil das infraestruturas classificadas pelos respondentes como mais avançadas

Aspecto	Destaques do perfil das infraestruturas atuantes em ER
Localização	Espalhadas em sete UFs e quatro regiões (exceto o Norte).
Início da operação	De 1949 (uma) a 2013 (uma), sendo quatro antes de 1990; cinco entre 1991 e 2000; e dez após o ano 2000.
Última modernização	Dezesseis nos últimos cinco anos (até 2013); duas entre cinco e dez anos; e uma não fez.
Importância da cooperação com empresas	Treze em dezenove para alta com empresas brasileiras; nove não responderam; quatro baixo; cinco médio; e uma alta para empresas estrangeiras.
Importância da cooperação com instituições	Treze em dezenove alta; quatro média; e duas não responderam para instituições brasileiras; sete alta; cinco média; e três baixa para instituições estrangeiras; quatro sem resposta.
Importância atribuída à cooperação com agências de apoio	Dezesseis alta, uma média, uma baixa e uma sem resposta para agência brasileiras; duas altas, seis baixa, seis média e cinco não responderam para agências estrangeiras.
Realização de prestação de serviços técnico-científicos	Sim, 79% em geral; e sim, 68% para empresas.
Porte estimado da infraestrutura	Uma de grande porte; sete de médio-grande porte; três de pequeno-médio porte; e oito de pequeno porte.
Fontes de financiamento	Fonte pública, exceto Petrobras: 66%; Petrobras: 19%; demais: 15%.
Condições físicas	Insumos e manutenção: 95%, em ambos, de bom ou muito bom; instalações e equipamentos: 74%, em ambos, de bom ou muito bom.
Avaliação do número de pesquisadores	Adequado em cinco em dezenove (26,3%); inadequado ou pouco adequado: 68,4%; sem resposta: 5,3%.
Avaliação da formação dos pesquisadores	Adequado em doze em dezenove (63%); inadequado ou pouco adequado: 32%, sem resposta 5%.
Dedicação dos pesquisadores à atividade de pesquisa	De forma contínua: 95% (em dezoito das dezenove infraestruturas).
Dedicação dos pesquisadores à atividade de ensino	De forma contínua: 42%; esporádica ou alguns dias na semana: 53%; sem resposta: 5%.

Fonte: Pesquisa CNPq/Ipea.
Obs.: O questionário não solicitou aos pesquisadores que indicassem, diretamente, a área na qual a infraestrutura é considerada mais ou menos avançada ou quais os critérios os respondentes teriam usado para a definição apontada.

Esse perfil, considerado em conjunto com os demais dados apresentados neste trabalho, sugere que há capacidades a serem desenvolvidas na área de energias renováveis caso o tema energias renováveis se fortaleça na pauta de prioridades de pesquisa no país. Neste sentido, pode ser interessante o aumento das interações entre as infraestruturas mais avançadas e outras dos demais estágios, ou entre grandes e pequenas que não se posicionam na condição de *avançadas* em relação a outras do mesmo gênero no exterior.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O breve panorama apresentado neste trabalho sobre o sistema de inovação tecnológica em energias renováveis do Brasil mostrou um perfil distinto de países líderes em pesquisa tecnológica. Esta distinção no Sier é tanto estrutural quanto funcional. De um lado, o nosso sistema, caracterizado por ter separação entre a P&D e a gestão da produção, contrapõe-se ao modelo dos Estados Unidos, onde há centralização de ambas as funções no Departamento de Energias. Por outro lado, o sistema brasileiro também não é tão complexo quanto o alemão, cujas atribuições institucionais, bem como o desenho e a execução da P&D estão presentes em um modelo deliberativo que envolve conselhos, institutos de pesquisas, agências executivas e colegiados até o Parlamento. No Brasil, instâncias semelhantes têm caráter apenas consultivo, e as agências executivas de programas de P&D não contam com uma política clara de apoio às energias renováveis. Foi neste contexto que este capítulo procurou caracterizar e identificar interfaces das infraestruturas públicas de energias renováveis no Brasil.

Os dados das infraestruturas aqui analisados, obtidos das respostas dos coordenadores de 98 laboratórios e duas plantas-piloto, que pertencem a 38 instituições públicas de pesquisa, trouxeram importantes revelações sobre o perfil da pesquisa em energias renováveis no Brasil. Não se verificaram grandes diferenças nas respostas dos coordenadores daquelas infraestruturas em relação ao grupo maior, das 1.760 que responderam à enquete. Entre os cem respondentes, predominam capacidades, quantidade e porte em biomassa energética, seguida de hidroeletricidade, embora todas as infraestruturas tenham perfil multidisciplinar e atuação em outros tipos de fontes energéticas.

Embora o Sier brasileiro não seja embrionário, os resultados da enquete apontam que, no que se refere ao seu desenho institucional, o fato de ter havido a modernização de 82% dos cem laboratórios nos últimos cinco anos sinaliza que há um atraso neste processo. Ilustra também o mesmo entendimento a resposta dada pelos coordenadores de que nas cem infraestruturas há uma média de apenas cinco pesquisadores em cada uma delas, embora signifique o mesmo porte para a média de todas as 1.760 respondentes.

De acordo com a classificação adotada, apenas uma das cem infraestruturas foi considerada grande; treze, de porte médio-grande; 31, de perfil pequeno-médio; e 55, pequenas. A média de apenas cinco pesquisadores por infraestrutura, aliada à sua formação *inadequada* ou *pouco adequada*, segundo os respondentes, retrata outra grande limitação das infraestruturas, sentimento que se assemelha ao do grupo das 1.760 respondentes. Quando se observa nas respostas o peso da atividade de ensino e do uso compartilhado dos laboratórios, obtém-se uma média de 23 usuários por laboratório, incluindo-se a graduação e a pós-graduação, que respondiam por 55% dos usuários em 2012. De acordo com as respostas, os pesquisadores se dividem entre as atividades de ensino e pesquisa, como se sabe, tendo a enquete apontado que 57% dos pesquisadores, no conjunto das cem infraestruturas, dedicam trinta horas semanais ou mais às atividades de P&D.

Um aspecto positivo, nesse contexto, é o fato de haver infraestruturas consideradas entre as mais avançadas (19% entre as cem de ER) em relação a outras do mesmo gênero no exterior, segundo apontaram os coordenadores. Estas dezenove infraestruturas, e também as de maior porte, apresentam situação mais favorável em indicadores como dedicação de mais tempo à pesquisa e maior interação com outras instituições. Porém, na maioria dos indicadores, elas não se diferem da amostra total, inclusive em relação ao número de servidores. É interessante o fato de que as dezenove infraestruturas se situam em todos estratos de portes identificados, inclusive pequenas instalações.

A interação com as empresas em serviços tecnológicos mostrou-se significativa (54% das cem infraestruturas e 68% das dezenove mais avançadas declararam prestar tais serviços). Ao mesmo tempo, o grau de importância dado pelos respondentes quanto à cooperação em P&D foi considerado alto com relação aos fundos de apoio à P&D, médio-baixo com empresas (preferindo-se as brasileiras) e com outras instituições (também se preferindo as brasileiras). Tal aspecto deve ser aprofundado para se compreenderem as razões de tal posicionamento.

As fontes de financiamento dos laboratórios, conforme relatado pelos coordenadores são, naturalmente, oriundas do setor público (59% do montante, na apuração de 2012), além de outros 22% provenientes da Petrobras, empresa controlada pelo poder público. Ao mesmo tempo, o baixo montante informado de receita anual e de despesas operacionais oriundos do setor privado sinaliza trajetória não consistente com as apresentadas pelos países líderes em P&D em energias, que já têm infraestruturas consolidadas.

Acerca das formas de se impulsionar a P&D, pelo lado do Estado, este estudo permite destacar que o caminho de criação ou de modernização de laboratórios nacionais de maior porte pode ser uma das alternativas, seguindo-se o modelo dos países líderes. Contudo, outras questões levantadas neste texto apontam para a necessidade de outras medidas, tais como: *i)* adoção de planos coordenados de crescimento do apoio às energias renováveis e à P&D nesta área; *ii)* maior previ-

sibilidade e continuidade de linhas de pesquisas prioritárias; e *iii)* vinculação de recursos orçamentários para apoio a infraestruturas em linhas prioritárias.

É também importante dar respostas – acerca de políticas de criação ou modernização de infraestruturas, sejam elas pequenas, médias, ou grandes – a questões como: onde criar e sob quais critérios de oportunidade e indução à inovação? Com qual desenho de gestão e operação deveriam funcionar: em parcerias com universidades, com servidores próprios estatutários ou celetistas? Em que níveis de interação e contrapartidas da indústria os laboratórios temáticos seriam viáveis? Que níveis de autonomia e foco em C&T e em PD&I as infraestruturas devem ter, considerando-se distintas circunstâncias?

Por fim, há necessidade de se aprofundar o debate na perspectiva de identificar barreiras e aprimorar as formas de atração de empresas, a definição e estruturação de pesquisas tecnológicas de ponta e a cooperação entre as indústrias-universidades/institutos de pesquisa. Ter em vista a busca pela liderança na P&D e a produção de bens de alta tecnologia, além da geração de energia, é o caminho adotado pelos países líderes e que o Brasil tem condições de seguir nesta área.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa). **Plano Nacional de Agroenergia 2006-2011**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2006. p. 110. Disponível em: <http://goo.gl/h6afRN>.

_____. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética (EPE). **Plano Nacional de Energia 2030**. Brasília: MME/EPE, 2007.

_____. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2022**. Brasília: MME/EPE, 2013. Disponível em: <http://goo.gl/X6XQLX>.

CUHLS, K.; GRUPP, H. **Alemanha**: abordagens prospectivas nacionais – contribuição ao Seminário Internacional sobre Estudos Prospectivos em Ciência e Tecnologia. Brasília: CGEE, 2000. (Série Estudos Prospectivos). Disponível em: <http://goo.gl/6vtzTu>.

DE NEGRI, F.; CAVALCANTE, L. R. Sistemas de inovação e infraestrutura de pesquisa: considerações sobre o caso brasileiro. **Radar** – Tecnologia, Produção e Comércio Exterior, Brasília, n. 24, fev. 2013. Disponível em: <http://goo.gl/CCRnWI>.

DE NEGRI, J. A.; DE NEGRI, F.; LEMOS, M. B. O impacto do Programa FNDCT sobre o desempenho e o esforço tecnológico das empresas industriais brasileiras. *In*: DE NEGRI, J. A.; KUBOTA, L. C. (Ed.). **Políticas de incentivo à inovação tecnológica no Brasil**. Brasília: Ipea, 2008. Disponível em: <http://goo.gl/B6gxEA>.

EFI – COMMISSION OF EXPERTS FOR RESEARCH AND INNOVATION. **EFI Report 2013** – Research, Innovation and Technological Performance in Germany. Deutschland: EFI, 2013. Disponível em: <http://goo.gl/DYuWpD>.

EUROPEAN COMISSION. R&D in Germany: the German research scene. Europa: European Comission, [s.d.]. Disponível em: <http://goo.gl/yL12TX>.

GELLER, H. S. **Revolução energética**: políticas para um futuro sustentável. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2003.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Renewable energy**: RD&D priorities. Paris: OECD, 2006. Disponível em: <http://goo.gl/wihwyu>.

_____. **IEA guide to reporting energy RD&D budget/expenditure statistics**. Paris: OECD, 2011. Disponível em: <http://goo.gl/LQGA8n>.

_____. **World energy outlook 2012**. Paris: OECD, 2012. Disponível em: <http://goo.gl/6Uq2eR>.

LUNDVALL, B. National innovation systems – Analytical Concept and Development Tool. **Industry and Innovation**, v. 14, n. 1, p. 95-119, 2005.

NIOSI, J. *et al*. National systems of innovation: in search of a workable concept. **Technology in Society**, v. 15, n. 2, p. 207-227, 1993.

NOGUEIRA, M O.; KUBOTA, L. C.; MILANI, D. N. CT-Info: uma visão a fundo. **Revista Brasileira de Inovação**, Campinas, v. 10, n. 2, p. 407-444, jul./dez. 2011.

OCDE – ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. **Manual de Frascati 2002**: medição de atividades científicas e tecnológicas. Versão em português. F-Iniciativas, 2013.

POMPERMAYER, F. M.; DE NEGRI, F.; CAVALCANTE, L. R. (Orgs). **Inovação tecnológica no setor elétrico brasileiro**: uma avaliação do programa P&D regulado pela Aneel. Brasília: Ipea, 2011.

SACHS, I. **Desenvolvimento**: includente, sustentável, sustentado. Rio de Janeiro: Garamond, 2004.

_____. **Bioenergias**: uma janela de oportunidades. *In*: ABRAMOVAY, R. (Org.). **Biocombustíveis**: a energia da controvérsia. São Paulo: Senac, 2009.

SANTOS. G. R. **Financiamento público da pesquisa em energias renováveis no Brasil**: a contribuição dos fundos setoriais de inovação tecnológica. Brasília: Ipea, 2015. (Texto para Discussão, n. 2047).

_____. Pesquisa em biomassa energética no Brasil: apontamentos para políticas públicas. **Radar** – Tecnologia, Produção e Comércio Exterior, Brasília, n. 26, p. 25-36, jun. 2013. Disponível em: <http://goo.gl/I3wqLX>.

SQUEFF, F. H. S.; DE NEGRI, F. **Infraestrutura científica e tecnológica no Brasil**: análises preliminares. Brasília: Ipea, 2014. (Nota Técnica, n. 21).

TOLMASQUIM. M. T. (Coord.). **Alternativas energéticas sustentáveis no Brasil**. Rio de Janeiro: Relume Dumará/Coppe/Cenergia, 2004.

UNEP – UNITED NATIONS ENVIRONMENT; BLOOMBERG NEW ENERGY FINANCE. **Global trends in renewable energy investment 2013**. Frankfurt: Unep Collaborating Centre for Climate and Sustainable Energy Finance, 2013. Disponível em: <http://goo.gl/nBMXT0>.

UNITED STATES. U.S. Department of Energy. **FY 2014 congressional budget request**: budget highlights. Washington: DOE, Apr. 2013a. Disponível em: <http://goo.gl/z3jmr0>.

_____. U.S. Department of Energy. **Multi-year program plan**. Washington: DOE, May 2013b. Disponível em: <http://goo.gl/9qZATO>.

_____. White House Office of Science and Technology Policy. **The 2014 budget**: a world-leading commitment to science and research – science, technology, innovation, and STEM Education in the 2014 budget. Mar. 2014. Disponível em: <https://goo.gl/hVhoI6>.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

AUSTRALIAN – DEPARTMENT OF INNOVATION, INDUSTRY, SCIENCE AND RESEARCH. **Strategic roadmap for Australian research infrastructure – 2011 Roadmap**. Australia: Department of Industry and Science, 2011.

BMELV – BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT. **The renewable energy sources act**: facts and figures on biomass – The 2012 amendment. Deutschland: Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protections, 2012. Disponível em: <http://goo.gl/qx5eRp>.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Financiadora de Estudos e Projetos (Finep). Fundo Nacional de desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT). **Relatório de gestão do exercício de 2011**. Rio de Janeiro: MCTI, 2012.

CGEE – CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Avaliação do Programa de Apoio à Implantação e Modernização de Centros Vocacionais Tecnológicos**. Brasília: CGEE, 2010. (Série Documentos Técnicos, n. 1).

_____. **Quadro de atores selecionados no sistema nacional de ciência, tecnologia e inovação**. Brasília: CGEE, 2010. (Série Documentos Técnicos, n. 5).

_____. **Bases conceituais em pesquisa, desenvolvimento e inovação**: implicações para políticas no Brasil. Brasília: CGEE, 2010.

ANEXO A

QUADRO A.1
Palavras-chave utilizadas para seleção de projetos na área de energias renováveis na base do MCTI[1]

Palavras-chave da busca e seleção[2]		
Aerogeradores	Enzimas	Hidrogênio
Álcool	Eólica	Hidrólise
Bagaço	Etanol	Maré
Biocombustíveis	Fotônica	Oleaginosas
Biodiesel	Fotovoltaica	Ondas
Biogás	Gaseificação	Renováveis
Cana-de-açúcar	Geração	Sistemas de potência
Catálise	Glicerina	Solar
Distribuída, distribuição	Glicerol	Transesterificação
Energia	Hidrelétrica	Turbina

Notas: [1] Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI).
[2] Foram retirados da relação de projetos gerada com estas palavras-chave aqueles que tratavam de outras áreas – por exemplo: álcool para uso fármaco-químico; energias não renováveis; fotônica aplicada à transmissão de dados (TI); eventos sem vínculo com P&D em ER, entre outros.

QUADRO A.2
Instituições e laboratórios de referência e linhas de pesquisa

Fonte primária	Tipo/transformação ou forma de uso	Centros de excelência em pesquisa e desenvolvimento		Linhas de pesquisa e projetos específicos[1]
		Brasil	Outros países	
1 Eólica	Elétrica	IEE-USP; Coppe/UFRJ; e UFRGS, Cepel. (Instituição: CGEE).[2]	The National Renewable Energy Laboratory (NREL) Golden (near Boulder), Colorado. Berkeley Lab – CA, USA; IEA Associación Empresarial Eólica AEE. Espanha.	1 Tecnologia de aeradores (pás, torres, geradores, rotores e outros)
				2 Tecnologias de dimensionamento de recursos eólicos
				3 Centrais eólicas e sistemas de conexão à rede
				4 Equipamentos de controle e conversão
				5 Materiais: fadiga, resistência, composição
2 Solar	2.1 Elétrica--fotovoltaica e radiação solar	UFSC,[3] UFRGS, PUC-RS,[4] Coppe/UFRJ (Lafae)[5] e USP (Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos).	NREL Solar Program Integrator – National Center for Photovoltaics; Berkeley Lab – CA, USA; União Espanhola Fotovoltaica (Unef).	1 Gerador fotovoltaico; acumuladores de energia
				2 Componentes dos sistemas fotovoltaicos e de conexão à rede elétrica
				3 Metodologias de dimensionamento de sistemas
				4 Simulação computacional de sistemas fotovoltaicos, modelos de radiação solar
				5 Radiação solar: medidas e meio ambiente; instrumentação solarimétrica
	2.2 Térmico – aquecimento/ armazenamento	UFSC Florianópolis (O Lepten/Labtucal;[6] Unicamp (DETF)[7] IPT – LETMCE;[8] IPT – SP. IEE-USP;[9] e Coppe/UFRJ.	The National Renewable Energy Laboratory (NREL) Golden, Colorado.	1 Coletores de placa plana - análise de desempenho e materiais
				2 Coletores concentradores
				3 Tanques térmicos de armazenagem
				4 Metodologias de dimensionamento
				5 Simulação computacional de sistemas solares de aquecimento de água
				6 Equipamentos e tecnologias para o conforto térmico

(Continua)

(Continuação)

Fonte primária	Tipo/transformação ou forma de uso	Centros de excelência em pesquisa e desenvolvimento		Linhas de pesquisa e projetos específicos[1]
		Brasil	Outros países	
3 Biomassa	3.1 Biodiesel e outros substitutos do diesel	UnB;[10] UFRJ; UFV;[11] Embrapa;[12] UnB: Química; e Embrapa Agroenergia.	Lawrence Berkeley National Laboratory (Berkeley Lab); NREL; JBEI (U.S. Department of Energy Bioenergy Research Center – San Francisco). (Instituições: IEA, European Biofuels Techology Laboratories).	1 Testes e ensaios com motores e componentes da combustão
				2 Desenvolvimento de tecnologias e processos de produção do biodiesel
				3 Destino e uso dos co-produtos (glicerina, torta, farelo etc.)
				4 Caracterização e controle de qualidade do combustível e misturas
				5 Critérios e formas de armazenamento do biodiesel e das misturas
				6 Desenvolvimento de matérias-primas agrícolas
	3.2 Etanol e outros renováveis substitutos da gasolina	Ridesa – UFSCar;[13] CTBE;[14] Embrapa; e Empresas líderes.	Lawrence Berkeley National Lab. (Berkeley Lab); NREL; e Empresas líderes.	1 Tecnologia agronômica (cultivares, rendimento agrícola, nível de ATR, resistência a pragas, ciclo de vida e manejo integrado de resíduos)
				2 Etanol lignocelulósico (pré-tratamento, hidrólise enzimática e outros processos bioquímicos, biotecnologia de plantas e algas)
				3 Tecnologia industrial (eficiência do processo industrial, geração elétrica, aproveitamento de resíduos, máquinas de plantio e colheita)
				4 Desempenho de equipamentos (motores e turbinas a etanol, etc.)
				5 Concentração, biodigestão e uso controlado da vinhaça
				6 Novas rotas tecnológicas de produção de etanol
	3.3 Biogás – eletricidade	USP Cenbio (Centro Nacional de Referência da Biomassa).	Biomass Thermal Energy Council (BTEC) Washington.	1 Avaliação da cinética de digestão anaeróbia nos biodigestores
				2 Desenvolvimento de novos modelos biodigestores (isolamento térmico, agitação e aquecimento da biomassa, aumento da produção)
				3 Biofertilizantes (formas de aproveitamento, impactos e controle ambiental)
				4 Desenvolvimento de equipamentos para o uso do biogás (substituição da lenha e GLP, compressão e transporte baixa pressão, motores, geradores)
				5 Desenvolvimento de processos de purificação e eficiência do biogás
				6 Capacitação de operadores, desenho e montagem de unidades piloto e desenvolvimento de plantas industriais
	3.4 Eletricidade de biomassa sólida	USP Cenbio.	The National Renewable Energy Laboratory (NREL) Golden (near Boulder), Colorado; Eastern Regional Research Center (ERRC); e IRS-USDA, Wyndmoor, Pennsylvania.	1 Novas tecnologias de combustão mista de biomassa/carvão
				2 Equipamentos de gaseificação da biomassa e uso do gás em ciclos combinados e de baixa e alta pressão de vapor
				3 Conversão termoquímica/pirólise de nova geração
				4 Sistemas de monitoramento de processos de alta pressão
				5 Desenvolvimento de equipamentos e processo de pequeno porte
	3.5 Térmica – fornos e caldeiras e fornos	Ampla difusão no mercado – desenvolvimento no âmbito de processos e equipamentos da indústria termomecânica		
4 Hidráulica	Elétrica	Cepel; Coppe (UFRJ); Politécnica (USP). Instituição: CGEE, Cepel e Aneel.[15]	Universidades. Instituição: US Energy Department DOE).	1 Pesquisa e desenvolvimento de equipamentos e processos (repotencialização, eficiência energética, segurança, pequeno porte, materiais especiais)
				2 *Smart grid*, equipamentos de controle, vibração e ruídos
				3 Segurança de sistemas de potência
				4 *Softwares* aplicados ao controle e monitoramento de sistemas
				5 P&D em impactos ambientais de barragens e redes de alta voltagem
				6 Sistemas híbridos, multifásicos e transmissão de calor

(Continua)

(Continuação)

Fonte primária	Tipo/transformação ou forma de uso	Centros de excelência em pesquisa e desenvolvimento		Linhas de pesquisa e projetos específicos[1]
		Brasil	Outros países	
5 Geotérmica	5.1 Elétrica	Geotérmica sem aplicabilidade no Brasil – por condições naturais – não abordada no estudo		
	5.2 Térmica			
6 Maremotriz	Elétrica	Coppe/UFRJ; e Universidade Federal do Ceará		1 Fenomenologia, monitoramento
				2 Equipamentos mecânicos e estruturas, interconexões
				3 Flutuadores, conversores
				4 Geradores, bombas hidráulicas
7 Hidrogênio	Combustível – célula combustível	Coppe/UFRJ – LAB2; Unicamp (IFIGW – CENEH);[16] Itaipu-CTI;[17]	The National Renewable Energy Laboratory (NREL) Golden (near Boulder), Colorado, USA	1 Eletroquímica e diferentes tipos de células a combustível
				2 Sistemas e tecnologias de armazenagem
				3 Tecnologias para validação de processos de produção
				4 Segurança laboratorial e de manejo operacional, análise econômica e ambiental
				5 Tecnologias de produção (processo de fermentação; separação biológica, foto-eletroquímica e térmico-solar da água; conversão da biomassa e resíduos sólidos)

Elaboração do autor.

Notas: [1] Normatização, certificação, padronização, acreditação e desenvolvimento de *softwares* são itens que se aplicam a todas as formas de energia.

[2] Respectivamente: Instituto de Energia e Ambiente (IEE), da Universidade de São Paulo (USP); Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (Coppe), da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ); Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); e Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (Cepel). (Instituição: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE).

[3] Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

[4] Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS).

[5] Laboratório de Fontes Alternativas de Energia (Lafae).

[6] Laboratórios de Engenharia de Processos de Conversão e Tecnologia de Energia (Lepten)/ Laboratório de Tubos de Calor (Labtucal).

[7] Universidade Estadual de Campinas – Unicamp (Departamento de Engenharia Térmica e de Fluidos – DETF).

[8] Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) – Laboratório de Energia Térmica, Motores, Combustíveis e Emissões (LETMCE).

[9] Instituto de Energia e Ambiente (IEE) – USP.

[10] Universidade de Brasília (UnB).

[11] Universidade Federal de Viçosa (UFV).

[12] Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).

[13] Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético (Ridesa) – Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

[14] Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE).

[15] Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel).

[16] Instituto de Física Gleb Wataghin (IFIGW) – Centro Nacional de Referência em Energia do Hidrogênio (CENEH).

[17] Fundação Parque Tecnológico Itaipu – Complexo Turístico Itaipu (CTI).

ANEXO B

TABELA B.1
Atividade econômica de aplicação das pesquisas por infraestrutura – área ER

Seção	Divisão	Denominação	Quantidade
A	1	Agricultura, pecuária e serviços relacionados	9
A	2	Produção florestal	2
B	6	Extração de petróleo e gás natural	6
B	9	Atividades de apoio à extração de minerais	3
C	10	Fabricação de produtos alimentícios	9
C	11	Fabricação de bebidas	5
C	13	Fabricação de produtos têxteis	4
C	15	Preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos para viagem e calçados	1
C	16	Fabricação de produtos de madeira	2
C	17	Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	1
C	19	Fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis	35
C	20	Fabricação de produtos químicos	22
C	21	Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos	3
C	22	Fabricação de produtos de borracha e de material plástico	1
C	23	Fabricação de produtos de minerais não metálicos	5
C	25	Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos	1
C	26	Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos	5
C	27	Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos	9
C	28	Fabricação de máquinas e equipamentos	7
C	29	Fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias	6
C	30	Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores	1
C	31	Fabricação de móveis	1
C	32	Fabricação de produtos diversos	3
D	35	Eletricidade, gás e outras utilidades	27
E	36	Captação, tratamento e distribuição de água	3
E	38	Coleta, tratamento e disposição de resíduos; e recuperação de materiais	3
F	41	Construção de edifícios	1
F	42	Obras de infraestrutura	2
G	47	Comércio varejista	1
M	70	Atividades de sedes de empresas e de consultoria em gestão empresarial	1
M	71	Serviços de arquitetura e engenharia; e testes e análises técnicas	3
M	72	Pesquisa e desenvolvimento científico	14
M	74	Outras atividades profissionais, científicas e técnicas	1
O	84	Administração pública, defesa e seguridade social	1
P	85	Educação	2
Q	86	Atividades de atenção à saúde humana	5
		Missing	5

TABELA B.2
Distribuição por Unidade da Federação das instituições que responderam à pesquisa

Estados	Número de instituições	Número de infraestruturas	Área física (m²)
Bahia	6	12	9.612
Distrito Federal	2	8	6.134
Espírito Santo	1	1	15
Goiás	1	2	1.682
Mato Grosso do Sul	1	6	413
Minas Gerais	2	9	4.175
Paraná	2	6	2.645
Pará	2	2	1.627
Pernambuco	1	1	-
Rio de Janeiro	3	11	4.482
Rio Grande do Norte	1	1	670
Rio Grande do Sul	4	8	1.978
Santa Catarina	2	7	5.468
Sergipe	1	1	540
São Paulo	8	25	18.821
Total	**37**	**100**	**58.262**

Elaboração do autor.

TABELA B.3
Modalidades desenvolvidas pelas cinco infraestruturas acreditadas em ER

Tipo de modalidade	Modalidade exercida pelo laboratório acreditado (2012)	Número de atividades (2012)
Calibração	Acústica e vibrações	2
	Alta frequência e telecomunicações	3
	Dimensional	8
	Eletricidade	6
	Força torque e dureza	7
	Físico-química	5
	Massa	5
	Óptica	2
	Pressão	7
	Temperatura e umidade	8
	Tempo e frequência	5
	Vazão	3
	Viscosidade	3
	Volume e massa específica	6
Demais modalidades	Análises clínicas	7
	Boas práticas laboratoriais (BPLs)	29
	Certificação	30
	Outra	21
	Produtor de materiais de referência	10
	Provedor de ensaios de proficiência	6

(Continua)

(Continuação)

Tipo de modalidade	Modalidade exercida pelo laboratório acreditado (2012)	Número de atividades (2012)
Ensaio	Ensaios acústicos de vibrações e choque	4
	Ensaios biológicos	49
	Ensaios de radiações ionizantes	8
	Ensaios elétricos e magnéticos	16
	Ensaios não destrutivos	13
	Ensaios químicos	53
	Ensaios térmicos	8
	Ensaios ópticos	8
	Mecânicos	24

Elaboração do autor.

CAPÍTULO 6

A INFRAESTRUTURA TECNOLÓGICA DO SETOR DE TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NO BRASIL

João Maria de Oliveira[1]

1 INTRODUÇÃO

As tecnologias de informação e comunicação (TICs) vêm produzindo transformações na sociedade rapidamente, que transcendem a dimensão econômica. As transformações, ainda em curso, têm alterado as relações econômicas e sociais, e tendem a produzir um mundo mais plano. Para Friedman (2005), as TICs são as principais responsáveis pela globalização enquanto processo econômico, principalmente pelos transbordamentos gerados sobre a produtividade e a competitividade. Um mundo plano é mais competitivo. Em especial, as próprias empresas do setor de TICs introduzem inovações que reforçam os efeitos positivos. Com isso, o setor é considerado atualmente um dos fatores mais relevantes para o desenvolvimento econômico, e visto como estratégico por muitos países, pois se configura como pilar da melhoria da competitividade dentro dos contextos global e local.

Em muitos países, os governos criaram políticas públicas para induzir o surgimento dessas tecnologias e de empresas que as implementem. São os Sistemas Nacionais de Inovação formados por diversos mecanismos e instituições que causam impactos diretos sobre a ciência e tecnologia (C&T), a pesquisa e o desenvolvimento (P&D), e por consequência à própria inovação. Entre os mecanismos utilizados está a infraestrutura tecnológica disponibilizada para que empresas e indivíduos gerem novas tecnologias e as utilizem em seus processos.

As empresas do setor de TICs são, em essência, mais inovadoras, geralmente são criadas em ambientes repletos de atividades de P&D. Conforme Kubota, Oliveira e Mayer (2013), o setor é aquele que apresenta os maiores gastos em P&D no conjunto das economias estadunidense, japonesa e europeia. Nesses países, o setor representa 25% dos gastos empresariais em P&D e emprega 32,4% dos pesquisadores, apesar de responder por apenas 4,8% do produto interno bruto (PIB). Oito das vinte maiores empresas que investem em P&D no mundo atuam no setor, conforme *ranking* da Booz & Company (Jaruzelski e Dehoff, 2010).

1. Técnico de planejamento e pesquisa da Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação, Regulação e Infraestrutura (Diset) do Ipea.

Conforme Kubota e Milani (2009), a maior parte das gigantes mundiais do setor de TICs tem posição dominante no mercado brasileiro. Desse modo, qualquer análise sobre o P&D brasileiro deve considerar as cadeias globais de valor e como elas interferem no Sistema Setorial de Inovação em Tecnologias de Informação e Comunicação (SSITICs). A existência de importantes laboratórios em diversas instituições de ciência e tecnologia e de departamentos de P&D em várias empresas possibilita a geração de novos empreendimentos nos diversos segmentos do setor. Portanto, pelas caraterísticas do setor de TICs, a infraestrutura tecnológica está ligada diretamente à geração de novas empresas, e é formada por laboratórios e institutos tecnológicos, tanto públicos quanto privados, ligados em sua maioria a instituições acadêmicas.

Este estudo analisa a infraestrutura tecnológica formada pelos laboratórios de pesquisas do setor de TICs brasileiro. Muitos deles integram departamentos acadêmicos de universidades ou fazem parte de instituições científicas ou centros de pesquisas. Na análise, além de caracterizá-los, busca-se entender seu funcionamento e como eles se inserem no contexto do SSITIC.

Além desta introdução, este estudo tem mais cinco seções. Na próxima seção, são apresentadas a evolução histórica do setor e o escopo atual do que se considera como atividades integrantes das TICs. Na seção 3, são mostradas as características da dinâmica da inovação do setor, como ela se apresenta nos países líderes e qual o nível de gasto que é realizado na atividade de P&D. Na seção 4, apresenta-se como o SSITIC brasileiro se formou, quais suas características e quais impactos ele causa no setor de TICs brasileiro. Na seção 5, é apresentado o conjunto de dados caracterizadores dos laboratórios de TICs brasileiros, principalmente quanto à capacidade de interação deles com as empresas do setor. Na última seção, são realizadas considerações finais sobre a pesquisa e seus principais achados.

2 O SETOR DE TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO

O setor de TICs é bastante recente na história da humanidade. Alguns eventos são marcantes e lançaram as bases para que o setor chegasse à importância que tem atualmente. Primeiro, foi o advento dos computadores de grande porte (uma alusão também ao espaço físico ocupado pelos *mainframes*), no início dos anos 1950, que possibilitou o surgimento da indústria de computadores. Em seguida, houve a criação da interconexão de computadores no fim da década de 1970, que depois possibilitou o surgimento da internet. Depois, ocorreu o surgimento dos microcomputadores pessoais, no início dos anos 1980, que massificou o uso desses equipamentos. Finalmente, sobreveio a criação das conexões de informações via hiperlinks, no fim dos anos 1980, que permitiu o aparecimento do protocolo *http* (mais conhecido como *world wide web*), e massificou a internet.

Todavia, nada foi mais relevante que o processo de digitalização[2] que permitiu o processo de convergência tecnológica, iniciado na década de 1990. Ela integrou os conteúdos (dados textuais, sons, imagens e vídeos), a comunicação desses conteúdos e os equipamentos (computador, telefone, televisão e outros que ganharam capacidade de processamento e comunicação como funcionalidades incorporadas). Esse processo, segundo Duysters e Hagedoorn (1998), transformaria o setor de forma rápida e significativa. À época, os autores afirmaram que os efeitos da convergência eram definitivos.

Assim, a convergência possibilitada pela digitalização de conteúdo alcançou não só a indústria de equipamentos, mas também via mudanças estruturais, integrou atividades e mercados distintos, tais como: serviços de telecomunicações, serviços de informação, indústria de bens de consumo, entre tantas. O processo modificou relações de consumo de bens e serviços e gerou novos mercados e novas atividades econômicas. Portanto, em função da convergência, torna-se importante definir o escopo de atividades econômicas que fazem parte do setor.

Atualmente, a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE),[3] conforme Bourassa (2006), em sua mais recente edição de padrões de classificação parar o setor, define claramente as atividades que se inserem no contexto das TICs. A figura 1 apresenta as atividades econômicas da chamada *economia da informação,* na qual o setor de TIC se encontra, juntamente com o setor de mídias e conteúdos. O setor ocupa a maior parte do espaço de atividades apresentadas.

O escopo utilizado para delimitar o setor, ainda conforme Bourassa (2006), baseia-se no princípio de que os bens e serviços integrantes das TICs são aqueles que devem ter a intenção de cumprir a função primordial de processamento eletrônico de informações e/ou de comunicação eletrônica de informações. Os dois conceitos que embasam o princípio são:

- processamento eletrônico de informações: a captura eletrônica, a coleta, o armazenamento, a manipulação, a transmissão, a recuperação e a apresentação de informações na forma de dados, texto, voz ou imagem em formato digital; e
- comunicação eletrônica de informações: a transferência eletrônica de informações digitais (incluindo dados, textos, fotos, voz e vídeo), de um local para outro.

Desse modo, o setor de TICs compreende os seguintes grupos de atividades.

2. Digitalização aqui significa transpor para o formato digital o conteúdo e as informações que eram armazenados e processados no formato analógico. Os sinais analógicos representam as informações por meio de valores contínuos, enquanto nos digitais os valores são discretos. Ou seja, digitalizar é converter informações contínuas em discretas sem perda significativa que modifique o valor original.

3. Em inglês, Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD).

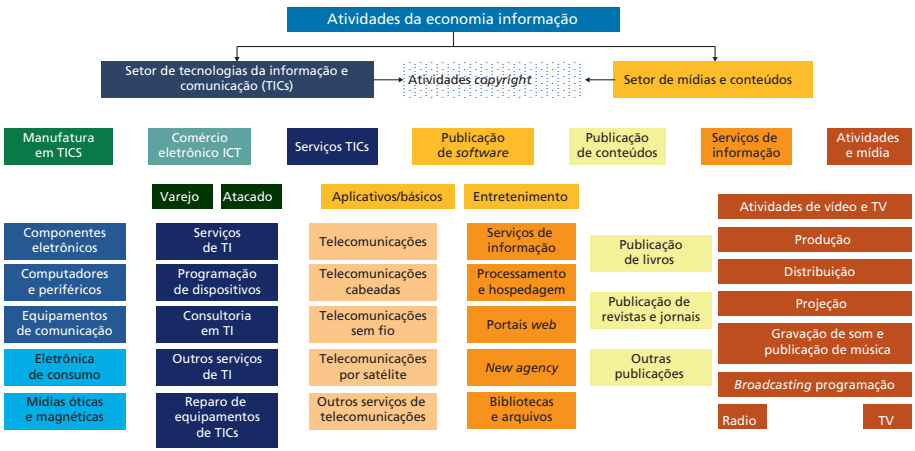
1) Manufatura de componentes eletrônicos, computadores e periféricos, equipamentos de comunicação (rádios digitais, equipamentos de rede, equipamentos de interconexão), eletrônica de consumo (telefones móveis e fixos, dispositivos de áudio e vídeo digitais etc.), equipamentos de automação industrial e comercial, robótica e mídias óticas e magnéticas (utilizadas para armazenamento de informações).

2) Serviços de programação de computadores e dispositivos processados (sistemas básicos, embarcados e aplicativos de uso geral ou específicos), a produção e comercialização de *software* prontos (aplicativos para computadores e outros dispositivos e games), a hospedagem e processamento de informações, portais de informação (basicamente *web*), consultorias diversas em tecnologia da informação e serviços de manutenção, instalação, reparos e locação de equipamentos de TICs.

3) Serviços de provimento de telecomunicação eletrônica digital do tipo unidirecional (TV e rádio digital, *broadcasting* de áudio e vídeo, e vídeo *on demand*) e bidirecional, com ou sem cabos (telefonia móvel, telefonia fixa, comunicação via satélite e outras formas).

Não obstante, apesar do escopo bem definido, existem ainda inúmeras áreas cujas atividades têm confluência com as TICs. Por exemplo, no serviço de TV por assinatura, a programação e a distribuição são consideradas integrantes do setor de TICs. Todavia, a produção de conteúdo para a TV não é considerada parte integrante das TICs, embora se utilize de equipamentos TICs para a gravação, a edição e a indexação do conteúdo. Ou seja, a produção de conteúdo é atividade enquadrada como economia da informação e as atividades que possibilitam a fruição desse conteúdo são consideradas como atividades das TICs. Em alguns países a cadeia do audiovisual é integralmente alocada ao setor de TICs.

FIGURA 1
Economia da informação – atividades econômicas



Fonte: Bourassa (2006).
Elaboração do autor.

Outros exemplos de atividades que são enquadráveis como setor de TICs:

- planejamento e projeto de sistemas de computadores que integram *hardware*, *software* e tecnologias de comunicação (serviços de concepção de sistemas de informática);
- gestão, locação, comercialização (atacado ou varejo) e operação de sistemas de computadores dos clientes ou infraestrutura de processamento de dados e comunicações;
- edição e licenciamento de direitos de reprodução e distribuição, no todo ou em partes, de *softwares* e *games* protegidos por direitos autorais.

Além desse escopo, uma grande gama de atividades está relacionada às TICs, pois se utilizam delas em alguma fase de seus processos produtivos. Inclusive, em função do aprofundamento do processo de convergência, mais e mais setores podem vir a integrá-lo. Assim, a fronteira do setor está em ativa modificação. Neste estudo, o escopo proposto pela OCDE será seguido.

3 A DINÂMICA DOS SISTEMAS DE INOVAÇÃO EM TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO

Sistemas nacionais de inovação, segundo Nelson (1993), envolvem diversas instituições e mecanismos inter-relacionados. Eles dão suporte ao processo inovativos, e moldam os caminhos pelos quais a inovação acontece em determinada sociedade. Desse modo, um sistema de inovação representa um conjunto de instituições distintas que, conjunta ou individualmente, contribuem com o desenvolvimento da capacidade de inovação e aprendizado de um país, região ou localidade.

Para Freeman (1995), que estudou como os sistemas de inovação impactaram no desenvolvimento tecnológico e econômico no pós-guerra de alguns países, as interações existentes entre as diversas instituições são determinantes para o êxito deles. Conforme o autor, a geração de conhecimento, sua transformação e apropriação produtiva são elementos que acontecem a partir das interações. A inovação ocorre a partir de múltiplos processos de aprendizados concorrentes. Dependendo da intensidade das interações, são produzidos impactos muito além da geração de novos produtos e processos.

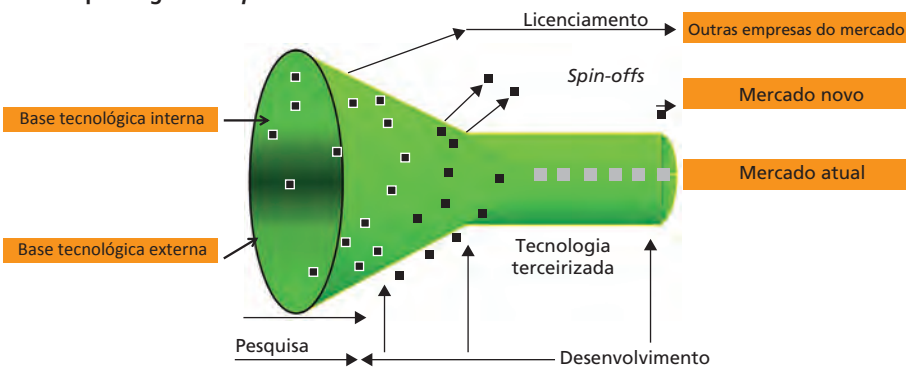
Essas questões ganham maior relevo no setor de TICs, cujas interações características produziram o que Chesbrough (2003) denominou de *open innovation*. O autor fez um estudo extenso sobre o comportamento de grandes empresas do setor no fim do século XX. Ele argumenta que as competências internas de uma organização não mais são suficientes diante do novo paradigma de mercado. Isso envolve a maneira pela qual as empresas geram novas ideias e as conduzem ao mercado.

Mudanças de conjuntura típicas da economia do conhecimento,[4] tais como o aumento da mobilidade dos recursos e o aparecimento de novas organizações financeiras, tornaram os limites das organizações mais permeáveis. O surgimento de mecanismos como o *venture capital*,[5] por exemplo, é tipicamente característico desse novo paradigma, uma vez que surgiram com ele.

Para Chesbrough, Vanhaverbeke e West (2006), ao contrário do modelo tradicional praticado por empresas, cujo processo de inovação era caracterizado por integração verticalizada, a *open innovation* se utiliza dos fluxos internos e externos de conhecimento para acelerar a inovação interna e ampliar os mercados. Conceitualmente, a *open innovation* assume que as empresas podem e devem usar ideias geradas externamente e internamente. Também pode se utilizar de caminhos internos e externos para alcançar o mercado. Elas desenvolvem suas tecnologias próprias combinadas ou não com tecnologias de terceiros e podem delegar ou obter diretamente a apropriação mercadológica das inovações geradas.

No modelo proposto por Chesbrough, Vanhaverbeke e West (2006), conforme indicado na figura 2, as organizações podem comercializar tecnologias internas ou externas e utilizam recursos internos ou externos na execução de projetos. Como característica dos processos abertos de inovação, os projetos podem ser iniciados pela própria empresa ou por outros atores externos, bem como serem incorporados ou transferidos para outras organizações, em distintos estágios de desenvolvimento. Essa é uma prática usual no sistema de inovação em TICs.

FIGURA 2
O paradigma da *open innovation*[1]



Fonte: Chesbrough, Vanhaverbeke e West (2006, tradução nossa).
Nota: [1] Licenciamento: conjunto de regras pelas quais uma organização detentora de uma tecnologia permite que outros façam uso dela; e *spin-off*: nova empresa concebida a partir da pesquisa, geralmente controlada por quem produziu a pesquisa.

4. Conjunto de atividades econômicas cuja geração de valor depende ou se apoia fortemente em conhecimento, conforme Lundvall e Borrás (1997).

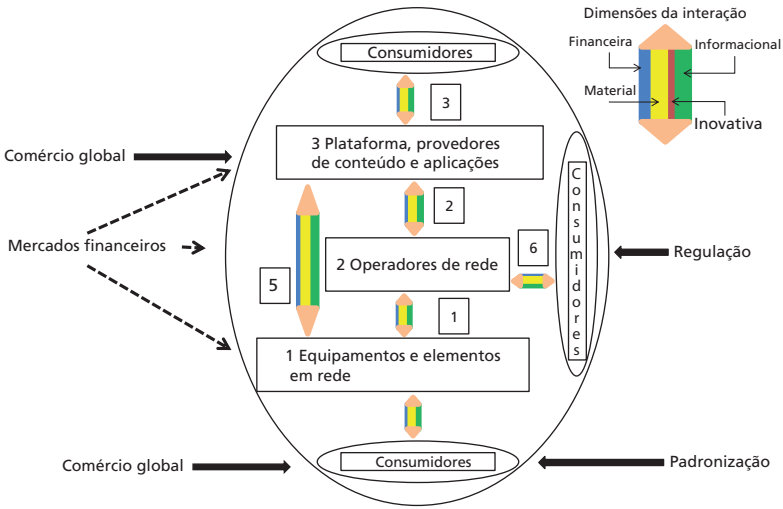
5. Também conhecido como capital empreendedor ou capital de risco, *venture capital* é a modalidade de investimento que consiste na compra, por um período pré-determinado, de participação acionária em empresas inovadoras de pequeno e/ou médio porte, de capital fechado, em um estágio inicial de desenvolvimento e com potencial de crescimento no curto e/ou médio prazo (Chesbrough, 2003).

Em termos mundiais, a participação de empresas de TICs no total de P&D do setor é muito significativa. O volume expressivo de investimentos em P&D é uma das mais marcantes características do modelo de inovação praticado no setor de TICs. Consequentemente, apropriação da inovação pelo setor empresarial tem gerado grandes *players* em nível mundial. Em relatório sobre o P&D no setor de TICs da União Europeia, Turlea *et al.* (2011) avaliaram as 2 mil firmas que mais investiram em P&D em 2008 (mil da União Europeia e mil do resto do mundo). Considerando 80% do investimento total em P&D realizado pelas firmas naquele ano (1.350 firmas das que mais investiram em P&D), 428 são empresas do setor de TICs e responderam por 34% do investimento.

Outro aspecto importante presente no modelo de inovação praticado no setor de TICs são as interações entre empresas do setor e como elas ocorrem. Fransman (2007), em seu livro *The new ICT ecosystem,* concebeu um modelo em quatro camadas que tipifica as atividades do setor de TICs e explica a relação das empresas com os consumidores e as relações entre elas. As camadas, conforme ilustra a figura 3, são: *i)* fabricantes de equipamentos; *ii)* operadores de rede; *iii)* provedores de plataformas, conteúdos e aplicações; e *iv)* consumidores. Para o autor, o ecossistema contempla não só as firmas, mas também instituições financeiras, agências reguladoras, fóruns de padronização, universidades e outras entidades.

Ainda de acordo com a figura 3, para Fransman (2007), as interações se dão também entres firmas de camadas diferentes. Elas podem ocorrer em quatro dimensões e de forma paralela: financeira; material – produtos e serviços; informacional; e inovativa – criação e difusão.

FIGURA 3
Modelo simplificado do ecossistema do setor de TICs e as interações possíveis



Fonte: Fransman (2007), com adaptação.

Por exemplo, a possibilidade de uma nova aplicação (*feature*) no serviço de telefonia móvel (camada 3) gera interações dos operadores de serviços de telecomunicações (2) com fabricantes de equipamentos (1). Nesse exemplo, a interação na dimensão informacional ocorre quando da avaliação da *feature* junto aos consumidores. A interação na dimensão financeira ocorre pela necessidade de se financiar o P&D. A garantia de acesso ao mercado é possibilitada pela interação na dimensão difusão e produto criado, incorporando a nova *feature*, representa a própria inovação, também uma dimensão.

Existem várias inovações implementadas no serviço de telefonia móvel que geraram patentes compartilhadas entre agentes, inclusive de camadas diferentes, que se enquadram no exemplo citado. Desse modo, as interações, além de possibilitarem inovações, também criam condições para apropriação delas. Portanto, os ciclos inovativos consecutivos e adequadamente apropriados, determinam o sucesso das empresas e a liderança mercadológica.

Fransman (2010) também aborda o ecossistema e as implicações de políticas públicas de fomento à inovação. Para ele, os seguintes fatores sistêmicos exercem influência marcante sobre a inovação no setor de TICs.

1) A regulação setorial (principalmente para os operadores de rede) e legislação antitruste. Leis de regulação e concorrência são necessárias, sobretudo em situações em que a entrada está sujeita à influência dos custos irrecuperáveis que são susceptíveis de gerar economias de densidade e fortes vantagens competitivas para operadores históricos. Para Fransman (2010), a intensidade da competição e da cooperação entre firmas está estritamente associada à inovação.

2) A disponibilidade de recursos financeiros (facilidade e flexibilidade para obtenção de recursos financeiros), custos dos empréstimos e capital próprio. Essencialmente, o capital e o risco inerente exercem papel preponderante na abordagem.

3) Os outros agentes de P&D, tais como universidades, centros de pesquisa, fóruns de padronização e entidades de proteção à propriedade intelectual.

4) O apoio governamental.

A discussão sobre a dinâmica da inovação dentro do ecossistema de TICs é claramente enraizado no legado schumpeteriano, conforme Fransman (2010). Novos conhecimentos são criados pelo processo de conjecturas, experimentação e testes, que envolvem visão de futuro, capacidade de acessar recursos e um elevado grau de propensão ao risco. Entretanto, os mecanismos do empreendedorismo não estão somente relacionados com a entrada de novas empresas no mercado, mas também podem surgir dentro das empresas existentes.

Embora essa visão enfatize os efeitos da inovação radical, deve-se salientar que uma vez que uma nova trajetória tecnológica é estabelecida, as inovações incrementais são cruciais para a evolução tecnológica contínua do sistema e, portanto, para o crescimento econômico. A evolução da nova indústria é acompanhada pela difusão gradual da capacidade de inovação para o resto de indústrias relacionadas, proporcionando ainda mais combustível para ondas de incremento de inovações. O esgotamento das possibilidades tecnológicas gera reações em agentes econômicos que tentam responder criativamente à perspectiva de estagnação.

Empresas incumbentes[6] são susceptíveis de comprometer expressivos recursos para as atividades de P&D quando o ciclo de vida da indústria está se aproximando da maturidade. Dessa forma, elas enfrentam a pressão competitiva proveniente dos participantes inovadores. Essa dinâmica, por sua vez, cria condições para a possível identificação de novos caminhos de pesquisa, dando origem a novas indústrias e afins.

Como as instituições são, basicamente, enraizadas nas fronteiras nacionais, a análise das diferenças entre contextos institucionais de cada país permite entender quais são as vantagens competitivas, no que diz respeito a seu desempenho inovador e competitividade internacional. Fransman (2010) afirma que o comportamento das economias dos países parece estar relacionado à posição relativa no ecossistema TICs, e, por conseguinte, para o estágio relativo do desenvolvimento que caracteriza as indústrias em cada camada. Assim, o grau de inovação das indústrias é susceptível de afetar a importância econômica de uma camada, e por extensão, as *performances* de produtividade dos países que atuam principalmente nessa camada.

Portanto, conforme Fransman (2010), o nascimento e a evolução do ecossistema de TICs, desde suas origens, podem ser enquadrados dentro dessa linha de raciocínio. A evolução da posição e da estratégia dos países é resultante de como as políticas nacionais de inovação articulam os fatores elencados anteriormente ao processo empresarial – empreendedor. O foco de alguns países em algumas camadas se modificou no decorrer do tempo, enquanto o de outros se consolidou sem mudança de camada.

O gráfico 1 apresenta o gasto em P&D das empresas da indústria da informação, incluindo TICs, em 2011[7] – para países selecionados – e a proporção desse gasto em relação ao gasto empresarial total em P&D do país. Nele, fica evidente a questão colocada por Fransman (2010). Em alguns países, as empresas focam seus gastos de P&D na camada 1 (equipamentos de TICs), tais como: Coreia do

6. Empresa estabelecida e com participação expressiva ou até dominante no mercado.

7. Para Austrália, Dinamarca, França, Alemanha, Itália, Holanda, Portugal, Espanha e Reino Unido, os dados se referem a 2010. Para Áustria, Bélgica, China, Suécia e Estados Unidos, os dados se referem a 2009. Para Suíça, os dados se referem a 2008.

Sul, Japão, China, Finlândia, Suécia, Suíça, Alemanha e China. Entretanto, as empresas de outros países focam o P&D na camada 3 (serviços de TICs), como é o caso de: Estados Unidos, Reino Unido, Dinamarca e Canadá.

Para Fransman (2010), existem dois exemplos distintos de estratégias. A americana, que pode ser explicada pela capacidade de gerenciar gradualmente o deslocamento da camada 1 para a camada 3. O esforço foi no sentido de desenvolver tecnologias distintas que permitissem passar da liderança em uma camada para outra, mantendo-se na condição de líder. Um movimento claro na direção dos setores mais rentáveis.

A mudança na estrutura industrial do setor de TICs norte-americano gerou uma adaptação paralela da estrutura financeira. Por exemplo, o nascimento do *venture capital* e a figura do *angel investor*[8] são frutos dessa adaptação. Também se modificaram paralelamente a estrutura legal que afeta os padrões de cooperação entre indústria e universidade; a regulação do ambiente competitivo e a política de normalização; e a estrutura de propriedade intelectual.

Diversas instituições, tais como o *MIT-Media Lab*, nasceram para preencher o espaço de cooperação entre as empresas e as universidades. O *MIT Media Lab*, que foi criado em 1985,[9] tem 92% do seu orçamento de U$ 45 milhões, gerado a partir de demandas empresariais. Nele, são desenvolvidas soluções em TICs que as empresas patrocinadoras podem incorporar, explorando elas mesmas, ou gerar novos empreendimentos. Tais soluções, além da criação de patentes, cuja apropriação o *MIT Media Lab* participa, geraram diversas *start-ups,*[10] 114 ainda ativas. Embora ele tenha características singulares, diversas outras instituições atuam da mesma maneira no SSI em TICs americano, operando na atração de demandas e servindo como polo concentrador de soluções P&D. Todas estimulam seus pesquisadores na direção das demandas, no agrupamento de soluções e, principalmente, no estímulo à participação do *venture capital* e dos *angel investors* no processo de apoio a eles.

O resultado do processo foi o aparecimento de empresas que se tornaram ícones do capitalismo, que já foram *start-ups* de TICs, por exemplo: Microsoft, Apple, Facebook, Google, entre outras. O mercado norte-americano apresenta – especialmente no Vale do Silício – uma institucionalidade extremamente exitosa. A disposição dos *angel investors* em investir em negócios incipientes, dos quais

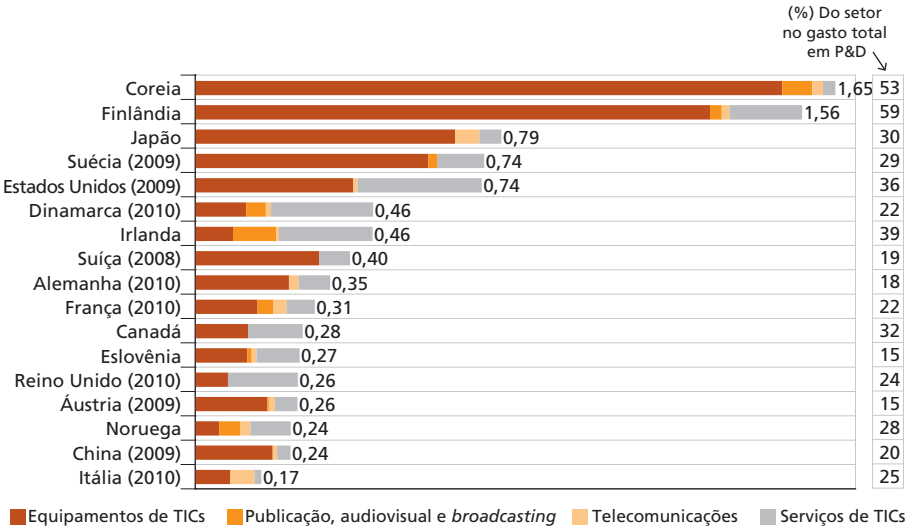
8. Termo dado para pessoas físicas que investem seus recursos financeiros em negócios emergentes, agregando também seu conhecimento, experiência e relacionamentos para o empreendimento.

9. Para mais informações, ver: <http://www.media.mit.edu/about/about-the-lab>.

10. Para Chesbrough, Vanhaverbeke e West (2006), um *start-up* é uma organização empresarial que está vinculada fortemente à pesquisa, à investigação e ao desenvolvimento de ideias inovadoras, operando em condições de extrema incerteza com o objetivo de construir modelo de negócios escalável e repetível.

apenas uma pequena parcela trará um grande retorno, tem grande capacidade de atração de talentos que se instalam em laboratórios, centros de pesquisas, universidades e incubadoras da região.

GRÁFICO 1
Gastos com P&D em indústria da informação – países selecionados da OCDE
(Em % do PIB)



Fonte: OCDE (2015a; 2015b) adaptado de OECD (2013).

O exemplo da outra estratégia possível é visto no caso da Coreia do Sul. Desde o início, o foco das empresas daquele país residiu na camada 1. O risco de apostar em uma camada que aparentemente se aproximava da maturidade, cuja tendência de rentabilidade era diminuir, necessitou de concentração de investimentos de P&D. Particularmente nesse caso, a reação à perspectiva de estagnação, pela combinação de inovações radicais e incrementais, deu origem a novas indústrias da camada, com atuação e liderança globais. LG Eletronics, Samsung e Hyundai Mobis são exemplos de empresas sul-coreanas que atuam na camada 1 e estão entre as líderes mundiais em suas atividades.

No caso sul-coreano, observa-se, também pelo gráfico 1, que a dimensão dos gastos empresariais do setor em relação os gastos empresariais totais em P&D indicam o esforço e o foco da estratégia. Além de serem expressivos, os gastos empresariais do setor de TICs em P&D (1,65% do PIB) representam 53% do gasto empresarial dos coreanos em P&D em 2011. Perdendo apenas para a Finlândia (59%), que aparenta adotar estratégia similar.

Também se evidencia o foco estratégico de alguns países no setor. Dos dezessete países selecionados, o gasto do setor em P&D de oito deles é superior a 25% do gasto empresarial total em P&D. Entretanto, conforme a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD, 2013), na maior parte dos países integrantes daquela instituição, o gasto empresarial em P&D no setor situou-se entre 20% e 25% do gasto empresarial total em P&D e entre 0,2% e 0,3% do PIB. No Brasil, conforme De Negri e Cavalcante (2013), o gasto empresarial total em P&D, de todos os setores, foi de 0,59% do PIB. Desse modo, em termos de investimento empresarial do setor de TICs, o país está longe dos líderes.

Porém, o gasto em P&D é apenas uma indicação do esforço inovativo. Entre tantos indicadores, o número de patentes pode ser considerado um dos resultados desse esforço. Geralmente, a proporção relativa de patentes relacionadas com as TICs reflete a intensidade do esforço em P&D no setor. O gráfico 2 apresenta a porcentagem de patentes do setor de TICs como proporção do total de aplicações de patentes PCT[11] em dois períodos, 1999-2001 e 2009-2011. Para a OECD (2013), o gráfico 2 demonstra os resultados dos esforços no tempo e do foco de alguns países que despontam como líderes mundiais do setor. As patentes TICs dos países membros da OCDE, no período 2009-2011, representavam cerca de 35% das patentes mundiais de todas as áreas registadas no âmbito do PCT, embora sejam 5 pontos percentuais (p.p.) menor do que no período 1999-2001.

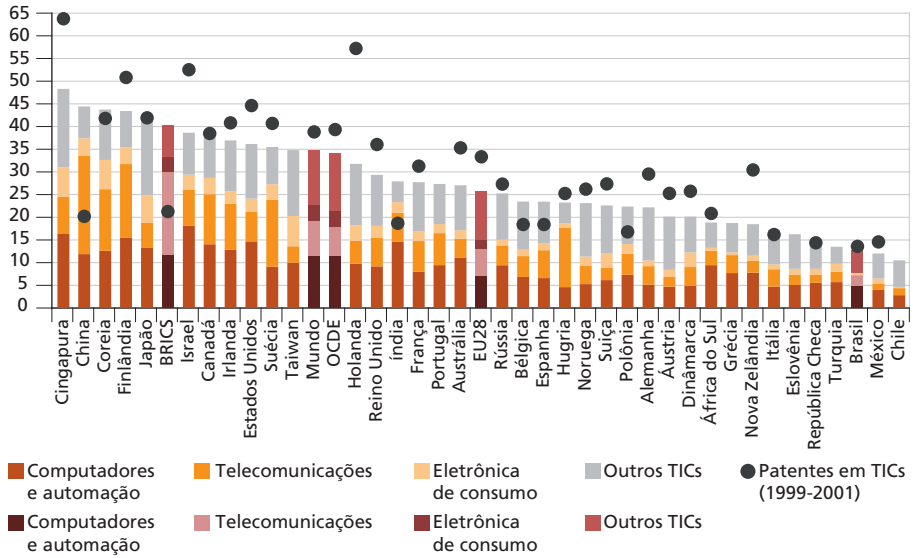
Em contraste, a importância das patentes TICs nas economias BRICS[12] dobrou, principalmente por causa da China e da Índia. No caso brasileiro, as TICs perderam importância. No período de 1999 a 2001, 13,6% das aplicações de patentes PCT foram do setor de TICs, enquanto no período de 2009 a 2011 esse indicador caiu para 12,8%.

Em geral, na maioria dos países, as patentes de computadores e automação tem a mesma proporção de *outros equipamentos TICs* (cerca de 33% para cada). Os equipamentos de telecomunicações continuam a ser ligeiramente acima de 20% e são mais importantes em economias com uma maior proporção de patentes relacionadas com as TICs, principalmente China, Coreia, Finlândia e Suécia.

11. O Tratado de Cooperação de Patentes (PCT – Patent Cooperation Treaty) permite que um pedido de patente considere a proteção de uma invenção em 148 países.

12. Grupo de países formado por: Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul.

GRÁFICO 2
Patentes TIC como porcentagem do total dos pedidos de patentes PCT (1999-2001 e 2009-2011)



Fonte: OCDE (2015a; 2015b) adaptado de OECD (2013).

Assim, o esforço de P&D e as interações características no ecossistema TIC demandam que as instituições do sistema se moldem em função da estratégia e do foco de cada país. Porém, independentemente do foco ou da estratégia, a infraestrutura tecnológica no setor de TICs ganha maior importância contextual.

A conceituação de infraestrutura tecnológica não é de todo consensual. Há estudiosos, entre eles Autio e Laamanen (1995), que se referem à infraestrutura tecnológica como o mecanismo de transferência de tecnologia. Outros a definem como as organizações de pesquisa e tecnologia (Smits, Leyten e Den Hertog, 1995) ou os próprios institutos de pesquisa e tecnologia (Arnold *et al.* 1998; Rush *et al.*, 1995).

Além de conhecimento e *expertise* tecnológicos, a infraestrutura tecnológica agrega também outros componentes, tais como absorção e difusão de informações de negócios relevantes, e provê suporte em assuntos relacionados à gestão, *design* e estrutura organizacional. De qualquer forma, infraestrutura tecnológica transcende o conceito convencional de infraestruturas físicas – baseadas em capitais físicos e humanos –, as quais provêm suporte às atividades de P&D e de inovação das empresas.

As próximas seções deste estudo se concentram na infraestrutura tecnológica formada pelos laboratórios de pesquisas do setor de TICs brasileiro. O objetivo é caracterizá-la, avaliar o quanto ela adere ao ecossistema e, principalmente, as suas interações entre os laboratórios e as empresas.

4 CONSTITUIÇÃO DO SISTEMA DE INOVAÇÃO EM TICS NO BRASIL

No Brasil, a dinâmica do setor de TICs, e consequentemente o SSITIC, tem sido marcada pela dependência das políticas públicas. Alguns marcos legais de política não somente criaram o setor, mas também determinaram seu crescimento e sua dinâmica inovativos.

A criação do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), em 1969, constitui-se no primeiro grande marco brasileiro de política de apoio financeiro a projetos científicos e tecnológicos no país. Entretanto, no setor de TICs, o primeiro conjunto de incentivos fiscais à pesquisa, ao desenvolvimento e à inovação tecnológica foi estabelecido em 1984, por meio da Lei nº 7.232/1984, quando da criação da Política Nacional de Informática (PNI). Conforme Grizendi (2012), além de criar a Secretaria Especial de Informática (SEI) e o Plano Nacional de Informática e Automação, a lei instituiu aquele que foi o primeiro mecanismo de financiamento do P&D no setor de TIC – o Fundo Especial de Informática e Automação.

A instituição da Lei de Informática, em 1991, também foi outro importante marco para o setor. Ela possibilitou a redução ou isenção do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) às empresas que aplicassem em P&D pelo menos 4% de sua receita. A ênfase dada pelo governo federal, a partir de 1999, às políticas de incentivo à inovação, que resultou na regulação das atividades de C&T e na própria lei de inovação, também influenciou de forma marcante o ecossistema de TICs brasileiro e por consequência a atividade de P&D do setor.

O setor de telecomunicações também foi bastante impulsionado, desde as décadas de 1970 e 1980, com a criação do Sistema Nacional de Telecomunicações (SNT). Fazia parte desse projeto nacional a busca de autonomia tecnológica e a criação de capacitação industrial na área. Para isso, conforme Szapiro (2005), foram implementadas políticas industriais e tecnológicas explícitas, sendo que o principal instrumento de política utilizado foi o poder de compra da estatal Telecomunicações Brasileiras S. A. (Telebras), responsável pelo provimento de serviços de telecomunicações à época. A criação do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Telebras (CPqD), em 1976, marcou a constituição do Sistema Setorial de Inovação em telecomunicações brasileiro.

Todavia, com o processo de privatização do serviço de telecomunicações brasileiro, realizado em 1998, o Sistema Setorial de Inovação em telecomunicações se desestruturou. As empresas privatizadas ficaram desobrigadas de realizar investimento em P&D no Brasil e o próprio CPqD deixou de acessar o montante de investimentos advindos diretamente do sistema Telebras.

Sob os efeitos da convergência tecnológica, as telecomunicações se incorporaram às tecnologias da informação e o modelo de indução à inovação no setor de informática passou também às telecomunicações. Desse modo, conforme Araújo

e Sousa (2014), as políticas de incentivo à inovação do setor de TICs possuem três fases características.

1) Na primeira, o mercado nacional foi totalmente fechado às importações, sob o argumento da *indústria nascente*. Ela resultou em preços elevados, formação de mercados ilegais e lenta difusão da tecnologia de computadores pessoais (PCs).

2) A segunda alterou significativamente o modelo institucional vigente até então. Abriu o mercado à participação de empresas estrangeiras e ofereceu incentivos fiscais pelo período de oito anos para empresas instaladas no Brasil, tanto nacionais quanto estrangeiras, desde que realizassem programas locais de P&D. Como resultado, a balança comercial do setor ficou negativa e houve uma concentração de P&D de baixo valor agregado no país.

3) Na terceira, foram ampliados os incentivos considerando os efeitos da convergência tecnológica, incluindo também os equipamentos de telecomunicações. Apesar de ter permitido a difusão mais rápida da tecnologia, as medidas implementadas nesta fase não modificaram os resultados negativos de até então.

Uma síntese das principais características de cada período é apresentada no quadro 1.

QUADRO 1
Resumo das políticas públicas para TICs – Brasil (1984 até o presente)

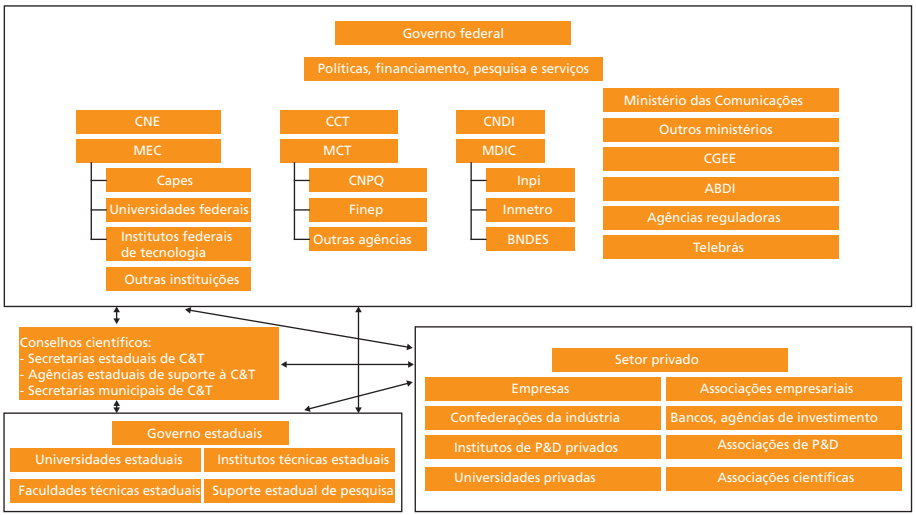
Fase	Primeira	Segunda	Terceira
Período	1984-1991	1991-2001	2001 até o presente
Política	Bloqueio do mercado nacional a produtos importados.	Promoção da produção local. Estímulo ao P&D local.	
Principais objetivos	Proteção da indústria nascente de computadores.	Substituição de importados. Desenvolvimento de capacitações locais em ciência e tecnologia (C&T)	
Instrumento	Controle do comércio internacional.	Incentivos fiscais	Incentivos fiscais (revisados)
Principais características da fase	Criação de pequenas firmas nacionais.	Instalação de linhas de montagem de firmas multinacionais	Convergência tecnológica dos setores de telecomunicações, computação e mídia.
Resultados	Preços elevados no mercado oficial. Existência de mercado negro. Difusão lenta da tecnologia.	Balanço de comércio negativo. Realização de atividades de baixo valor agregado no Brasil. Efeitos limitados para P&D local.	Rápido crescimento da demanda no mercado consumidor. Difusão mais rápida da tecnologia. Redução do mercado negro. Balanço de comércio mais negativo. Realização de atividades de baixo valor agregado no Brasil. Efeitos limitados para P&D local.

Fonte: Araújo e Sousa (2014).

Atualmente, o SSITICs brasileiro conta com diversos mecanismos indutores criados pelo arcabouço legal. O maior deles continua sendo a Lei de Informática. O SSITICs é composto por diversas organizações públicas – nos níveis federal e estadual – e privadas. A figura 4, apresenta as organizações do SSITIC conforme Rodríguez, Dahlman e Salmi (2008).

No âmbito do governo federal, as principais organizações que compõem o SSITIC são: o Ministério das Comunicações (que administra o Fundo para o Desenvolvimento Tecnológico das Telecomunicações – Funttel); a Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel); o Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação (MCTI), diretamente e por meio da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep); o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio (MDIC), diretamente e por meio do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES); o Comitê Gestor da Internet no Brasil (CGI); a Telebras e as universidades federais. No âmbito privado, destacam-se algumas empresas, institutos de P&D e universidades.

FIGURA 4
Organizações do Sistema Setorial de Inovação em TICs



Fonte: Kubota, Oliveira e Mayer (2013).

As análises do SSITICs são críticas, em sua maioria. Vários autores (Sousa, 2011; Garcia e Roselino, 2004; Araújo e Sousa, 2014) consideram que o nível de esforço não traduz os resultados alcançados.

Em 2012, a Lei de Informática representou uma renúncia fiscal de R$ 4,8 bilhões (Brasil, 2013) e gerou R$ 1,1 bilhão de obrigações de investimento em P&D, beneficiando 118 instituições de ensino e pesquisa e centros de pesquisa,

envolvendo 150 empresas. Do total de projetos, 21% são de computadores e periféricos, 15% de automação comercial, 14% de automação industrial e 7% de aparelhos celulares. Analisando-se as empresas e os projetos, com poucas exceções, conclui-se que se trata de inovações relacionadas a customizações e adaptações ao mercado brasileiro de produtos existentes no mercado internacional ou de inovações de pequeno valor adicionado.

Vale salientar que as empresas líderes do setor de TICs brasileiro são em sua maioria grandes *players* mundiais, conforme Kubota e Milani (2009). Elas não realizam a maior parte de seu esforço inovativo no Brasil. Isso ocorre devido ao descasamento geográfico entre as atividades de *design* e processo produtivo propriamente dito. A inexistência de obrigações relativas à internalização de etapas produtivas mais sofisticadas restringe os benefícios da Lei de Informática. Também Kubota e Milani (2009) acrescentam que a maior parte dos gastos em P&D dessas empresas destina-se à adaptação de *softwares* e sistemas à língua e outras questões do mercado nacional.

Os fundos setoriais CT-Info e Funttel também se constituem em instrumentos de financiamento do SSITIC. No entanto, Nogueira, Kubota e Milani (2011), em relatório de avaliação do CT-Info, concluíram que os valores envolvidos são pouco expressivos e o fundo beneficiou um número reduzido de pequenas empresas. A Funttel tem a maior parte de seus recursos anualmente contingenciados e são utilizados quase que exclusivamente pelo CPqD.

Ainda para Kubota e Milani (2009), no Brasil, o setor apresenta características ambíguas. Por um lado, possui indicadores de inovação e de esforço tecnológico mais elevados que a média do setor industrial. Por outro lado, o setor apresenta duas fraquezas estruturais que têm relação entre si. Em primeiro lugar, existe uma forte dependência da importação de peças, partes e componentes eletrônicos, o que gera *deficit* na balança comercial do setor. Em segundo lugar, as firmas brasileiras estão alijadas da determinação dos novos padrões tecnológicos, característica à indústria, que é feita por meio de alianças entre grandes corporações internacionais, em alguns casos com participação governamental. Nesse mercado, as economias de rede são cruciais para a competitividade.

Apesar disso, existem casos de empresas que são frutos dos estímulos proporcionados pela Lei de Informática ou por outros mecanismos do SSITIC, conforme Araújo e Sousa (2014). Empresas como Totvs e Positivo são casos raros de sucesso. Mesmo não tendo se tornado líderes mundiais, mantêm sua posição de liderança em segmentos nos quais há forte concorrência com as multinacionais. Nenhuma das duas tem capacidades tecnológicas que alterem as tendências tecnológicas em nível mundial. Entretanto, ambas possuem capacidades tecnológicas que as colocam em linha com as melhores práticas do mundo. Mas isto não é o suficiente para

colocá-las entre os líderes tecnológicos mundiais. E mesmo no mercado brasileiro manter-se na liderança não é objetivo trivial, pois as multinacionais que operam no mercado nacional têm acesso aos mesmos estímulos legais.

Outro caso raro de sucesso é a empresa Padtec. Originada dentro dos laboratórios do CPqD, ela atua no segmento de equipamentos de rede, com um tipo específico de equipamento ótico. Apesar de ter realizado o *catch-up* e atuar em escala global, ela também não está entre os líderes mundiais do segmento. Sua atuação é restrita a nichos de mercado. Ela carece de acesso a mercados que possibilitem maiores escalas, padece da ausência da participação na definição de padrões tecnológicos e sofre com a ausência de suporte financeiro que permita alavancar suas atividades de P&D para operar em outros segmentos do setor.

Analisando-se o SSITIC brasileiro pela ótica do modelo de ecossistema proposto por Fransman (2007), é possível observar que ele carece de mais interações, como uma maior proximidade entre universidade e empresas. Carece também de mecanismos que estimulem a *open innovation*, a formação de *venture capital*, o surgimento de a*ngels investors* e a geração de *start-ups*. O SSITIC necessita de direcionamento estratégico que estimule o P&D para uma camada do ecossistema ou, pelo menos, para parte de uma delas.

Apesar disso, diversas políticas públicas objetivam atender algumas dessas carências. O plano TI Maior do MCTI contempla diversos programas que buscam preencher essas lacunas. Entre eles, dois merecem destaque: o Programa Estratégico de *Software* e Serviços de TICs que articula uma série de ações na camada 3; e o programa *Startup* Brasil, que visa acelerar o desenvolvimento de empresas nascentes do setor. O MCTI reconhece a importância das *startups* para o SSITIC. Conforme MCTI (Brasil, 2013, p. 17) "o Brasil precisa construir ambientes propícios à aceleração do empreendedorismo de base tecnológica, alavancando a geração de bens e serviços inovadores com competitividade global".

Esses dois exemplos reforçam a importância que a interação entre as infraestruturas tecnológicas tem para o SSITICs brasileiro. O ecossistema das TICs favorável ao empreendedorismo de base tecnológica, conforme foi apontado na seção 3, necessita de infraestruturas consolidadas e capacitadas, interagindo com empresas e instituições de ensino.

5 ANÁLISE DA INFRAESTRUTURA DE LABORATÓRIOS DO SETOR DE TICS

Os dados apresentados a seguir são resultados do levantamento inédito sobre a infraestrutura de pesquisa científica e tecnológica do país, realizada pelo MCTI/Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e pelo Ipea. Por meio de um questionário disponibilizado na *web*, os laboratórios de pesquisa forneceram um conjunto de informações que vão desde a infraestrutura física – instalações e equipamentos – passando pela estrutura de pessoal – pesquisadores,

técnicos e pessoal administrativo – até as relações com a sociedade e avaliação geral de seu funcionamento. De Negri e Schmidt Squeff (2014) apresentaram os detalhes metodológicos e os resultados preliminares dos 2.119 questionários aplicados cuja responsabilidade pelas informações prestadas foi do coordenador da infraestrutura.

É importante salientar uma especificidade dessa base de dados. Segundo De Negri e Schmidt Squeff (2014), o objetivo do questionário era levantar informações sobre a infraestrutura de pesquisa no país, justamente porque não há informações sistematizadas e disponíveis sobre essa infraestrutura. Isso significa, em outras palavras, que não se sabe o tamanho e as características do universo de análise. Portanto, não há como analisar se existe ou não viés amostral entre os respondentes ou mesmo qual a taxa de resposta. Os dados apresentados aqui são referentes àquelas infraestruturas que responderam o questionário disponível no *site* do CNPq. É muito provável que o universo não seja muito maior nem substantivamente diferente desta amostra, entretanto, não há, neste capítulo, evidências estatísticas que comprovem essa percepção.

A pesquisa, realizada entre setembro e dezembro de 2013, concentrou-se nas infraestruturas laboratoriais utilizadas para pesquisas nas seguintes cinco grandes áreas: ciências exatas e da terra, engenharias, ciências agrárias, ciências da saúde e ciências biológicas. Desse modo, conforme De Negri e Schmidt Squeff (2014), após a realização de seleção das infraestruturas, a base utilizada pelas autoras para realizar suas análises considerou 1.720 infraestruturas laboratoriais. A análise, apresentada a seguir, considerou esse universo para selecionar as infraestruturas do setor de TICs.

5.1 Características gerais da infraestrutura de pesquisa em TICs

Foram identificadas 191 infraestruturas de pesquisa cujas atividades integram o escopo daquelas consideradas TICs, de acordo com o escopo apresentado na seção 2. Esses laboratórios estão ligados a 73 instituições de pesquisa e/ou de ensino e representam 11% do total da amostra, considerando o universo apresentado por De Negri e Schmidt Squeff (2014).

A tabela 1 apresenta os laboratórios e as instituições às quais eles estão ligados nas grandes regiões brasileiras. Nesta tabela fica evidente a concentração dos laboratórios na região Sudeste (60%). Muito próxima, aliás, da concentração apresentada pelo universo dos laboratórios pesquisados (57%), segundo De Negri e Schmidt Squeff (2014). A concentração fica mais evidenciada ainda quando se avalia a distribuição dos laboratórios por Unidade da Federação (UF). Somente São Paulo possui 29% das infraestruturas do setor de TICs do país, enquanto o Rio de Janeiro detém 18% delas e Minas Gerais, 13%. O restante dos laboratórios está distribuído por mais dezesseis estados.

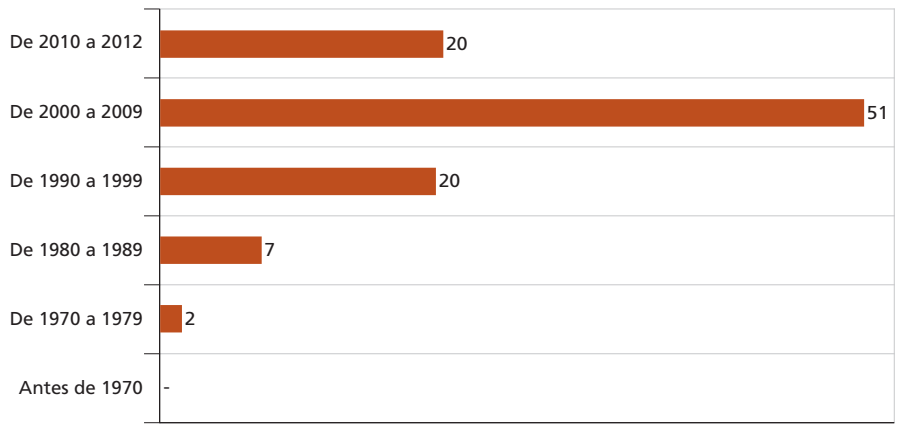
TABELA 1
Distribuição regional dos laboratórios e das instituições

Região	Número de infraestruturas	%	Número de instituições	Área física	(%)
Centro oeste	9	5	5	375	2
Nordeste	25	13	15	5.223	25
Norte	1	1	1	120	1
Sudeste	115	60	40	12.456	60
Sul	41	21	12	2.713	13
Total	**191**	**100**	**73**	**20.887**	**100**

Fonte: Dados da pesquisa.

Pela observação do gráfico 3, conclui-se que o parque de infraestrutura de TICs no país é novo. Ele parece estar inserido no recente ciclo de investimentos do país em infraestrutura de CT&I. Dos laboratórios, 71% iniciaram suas operações a partir de 2000. Os laboratórios de TICs parecem ser um pouco mais recentes, quando comparados a todos os laboratórios que responderam à pesquisa. De Negri e Schmidt Squeff (2014) afirmam que 56% dos laboratórios também iniciaram a partir daquele ano.

GRÁFICO 3
Início das operações dos laboratórios
(Em % por período)

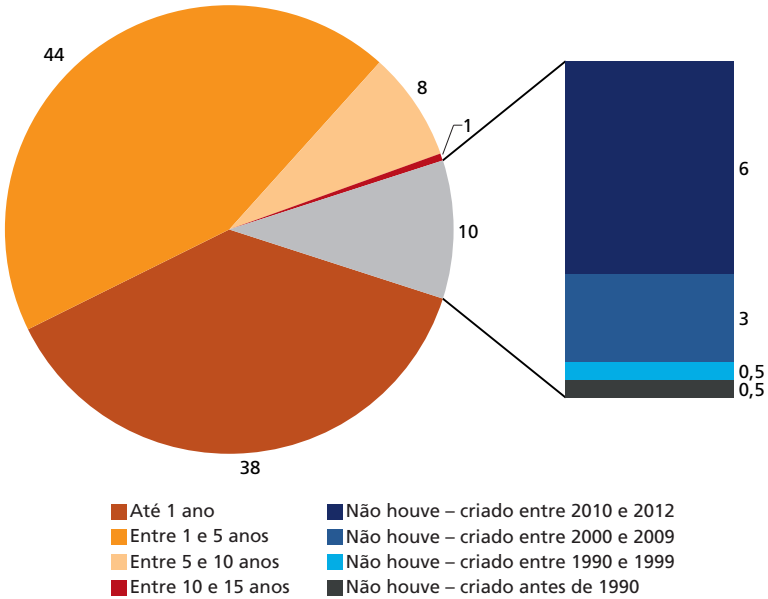


Fonte: Dados da pesquisa.

Pode-se concluir também, conforme demonstra o gráfico 4, que os laboratórios além de novos, passaram por processos de modernização há pouco tempo. Deles, 82% foram modernizados nos últimos cinco anos. Além disso, 60% dos laboratórios que não tiveram modernização entraram em operação após 2010.

Ou seja, como são mais recentes, eles não demandaram modernização. Embora a evolução tecnológica seja veloz, pode-se afirmar que a grande maioria dos laboratórios de TICs é atualizada, do ponto de vista tecnológico.

GRÁFICO 4
Tempo decorrido desde a última modernização



Fonte: Dados da pesquisa.

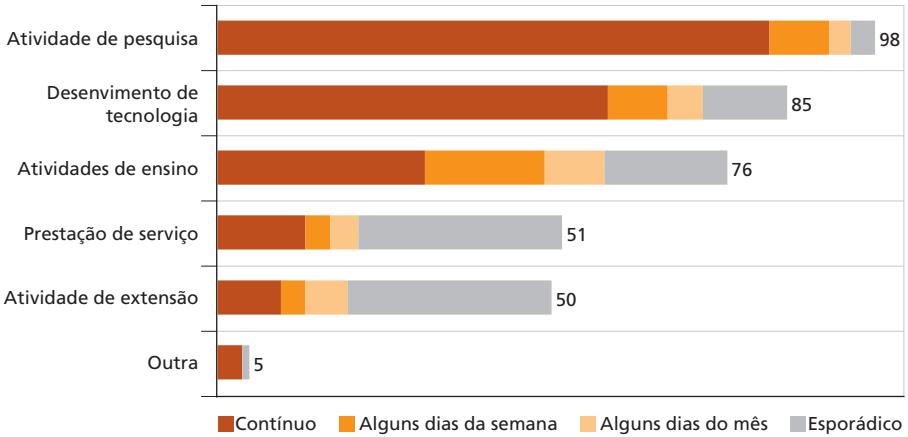
Quanto às atividades desenvolvidas pelos laboratórios e suas respectivas intensidades, destaca-se a intensidade da atividade de pesquisa, conforme o gráfico 5. Dos laboratórios, 98% desenvolvem pesquisas. Em sua grande maioria (84% deles), a pesquisa é uma atividade contínua. Também a atividade de desenvolvimento de tecnologias está presente em grande parte dos laboratórios de forma contínua. Apesar de maciçamente voltados para o P&D, eles também desenvolvem atividades de ensino, embora em menor proporção e com menos intensidade.

Chama a atenção a menor proporção de laboratórios que prestam serviços (51%) e como essa atividade se dá com menos intensidade. Ela é esporádica para mais de 60% dos laboratórios que a realizam.

Os coordenadores foram instados a relacionar os laboratórios em que atuam, com áreas de conhecimento científico. Conforme apresenta o gráfico 6, a maior parte dos laboratórios tem atividades relacionadas diretamente às TICs (70%). Uma quantidade de 44% é associada à computação, automação e sistemas/*software*, 9% às telecomunicações e 18% à eletrônica, circuitos elétricos, óticos e magnéticos.

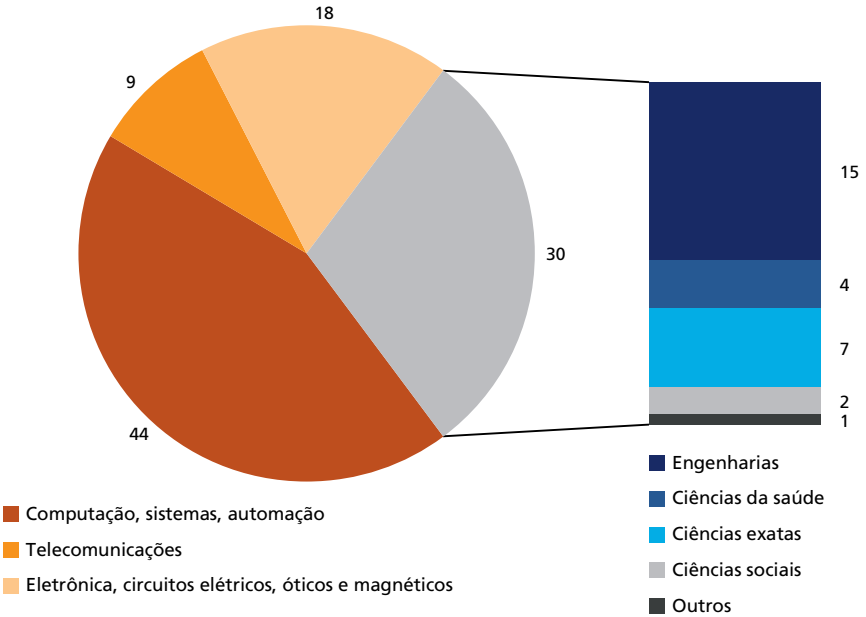
Os demais 30%, por serem em diversas áreas, pode-se considerar que são laboratórios que dedicam ao desenvolvimento da aplicação das TICs. Deles, a metade realiza atividades aplicadas em soluções de TICs ligadas às engenharias.

GRÁFICO 5
Intensidade das atividades desenvolvidas



Fonte: Dados da pesquisa.

GRÁFICO 6
Áreas de conhecimento dos laboratórios

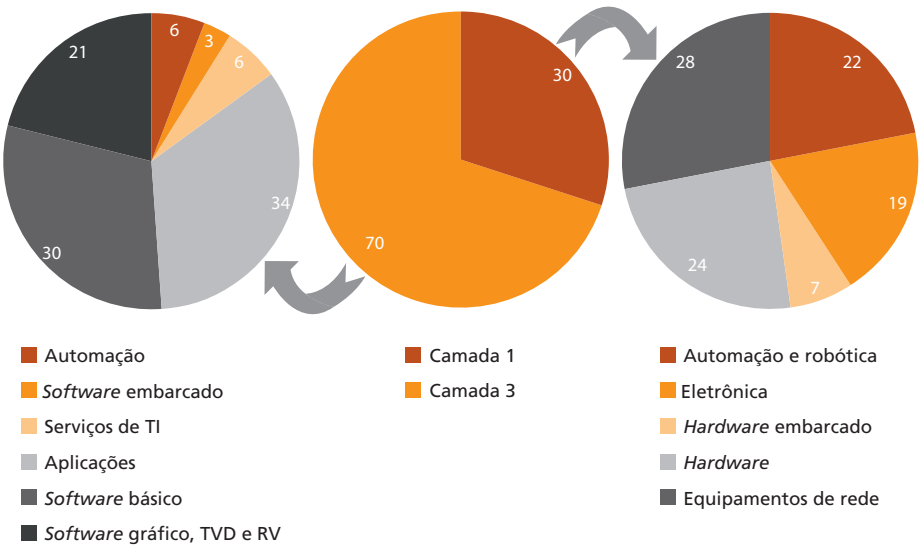


Fonte: Dados da pesquisa.

Com o intuito de enquadrar as infraestruturas de acordo com o ecossistema proposto por Fransman (2007), avaliou-se em qual camada cada laboratório se inseria. O enquadramento foi produzido conforme a descrição detalhada das atividades informada pelos coordenadores. Para cada laboratório, dentro da camada, também foi realizado um enquadramento em função do tema principal de pesquisa. Dessa forma, o gráfico 7 apresenta o resultado do enquadramento dos laboratórios nas camadas e o detalhamento do foco de pesquisa. A maioria dos laboratórios de TICs integrantes da pesquisa (70%) concentram suas pesquisas na camada 3 (plataformas, conteúdos e aplicações). Desses, o maior grupo (34%) se dedica às aplicações de TICs. Entretanto, 30% atuam em pesquisa e desenvolvimento de *software* básico e 21% têm foco em *softwares* gráficos, TV digital, realidade virtual e visualização. Esses dois grupos podem ser considerados de geração de P&D básico na camada 3. Chama a atenção ainda a baixa porcentagem de laboratórios que pesquisam serviços de TI. Conforme foi mostrado na seção 3, esse é um dos temas mais pesquisados em países que lideram a camada 3.

Nos laboratórios que atuam na camada 1 (produção de equipamentos), há relativa distribuição do foco nos equipamentos de rede, no *hardware*, na eletrônica e na automação e robótica. Segundo apresentado no gráfico 7.

GRÁFICO 7
Atuação dos laboratórios – por camadas de Fransman
(Em %)



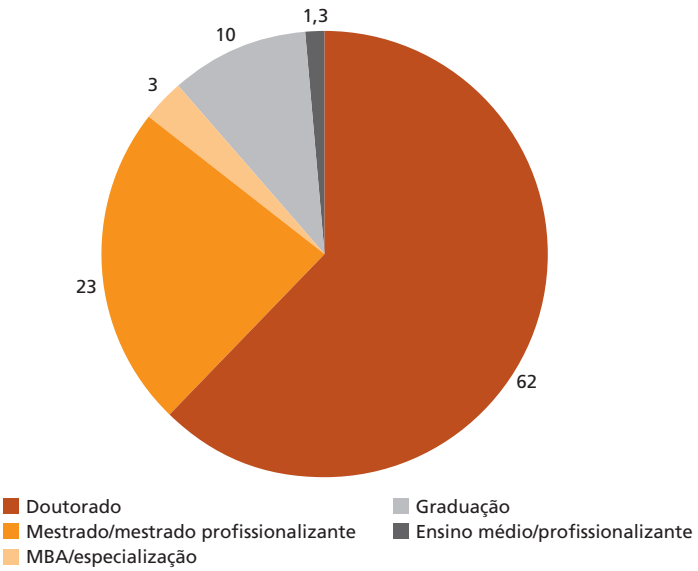
Fonte: Dados da pesquisa.

Cabe ainda ressaltar, em relação à atuação dos laboratórios, a baixa concentração de pesquisas sobre TICs embarcadas, *software* e *hardware* embarcados. Também conhecida como a *internet das coisas*, esse tema tem recebido foco crescente das infraestruturas de países líderes nas duas camadas. Diversos autores, entre eles: Atzori, Iera e Morabito (2010) e Miorandi *et al.* (2012), afirmam ser esse tema o foco da próxima grande onda de inovações do setor de TICs. Para ambos os grupos de autores, o conjunto de aplicações possíveis para essa nova tecnologia abrirá novas oportunidades de mercado.

5.2 Recursos humanos

Nos laboratórios de TICs participantes desse estudo, trabalham 1.255 pesquisadores, representando 6,6 pesquisadores por laboratório. Esse número representa 17,7% de todos os pesquisadores listados na pesquisa, conforme De Negri e Schmidt Squeff (2014). O gráfico 8 apresenta a distribuição por titulação máxima do contingente de laboratórios de TICs. Deles, 85% possuem pós-graduação em nível de doutorado (62%) ou mestrado (23%). A porcentagem de doutores nos laboratórios de TICs é menor do que os dessa titulação quando se considera o universo da pesquisa completa (72%), segundo De Negri e Schmidt Squeff (2014).

GRÁFICO 8
Titulação máxima dos pesquisadores[13]
(Em %)

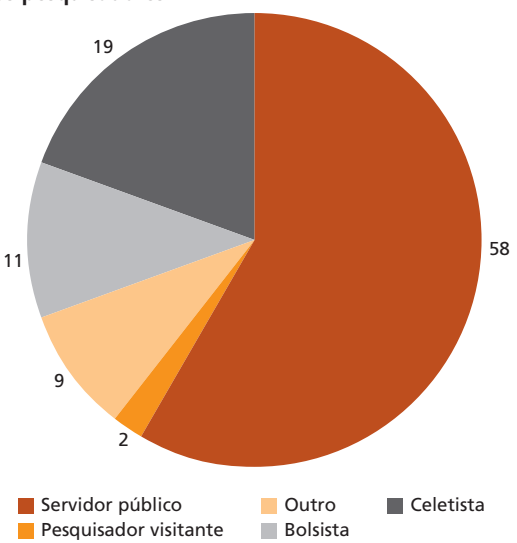


Fonte: Dados da pesquisa.

13. A pesquisa dispõe da informação de titulação para 1.172 deles (93,4%).

Quanto à vinculação desses pesquisadores com suas respectivas instituições, 58% deles são servidores públicos, conforme mostra o gráfico 9. Tal proporção é explicada pela grande quantidade de laboratórios vinculados a instituições públicas. O segundo maior contingente (19%) possui a vinculação celetista. Para esses dois grupos, a vinculação do contrato de trabalho possibilita a continuidade das atividades de pesquisa. Em contrapartida, 9% dos pesquisadores dos pesquisadores são bolsistas e para esses o contrato de trabalho é temporário.

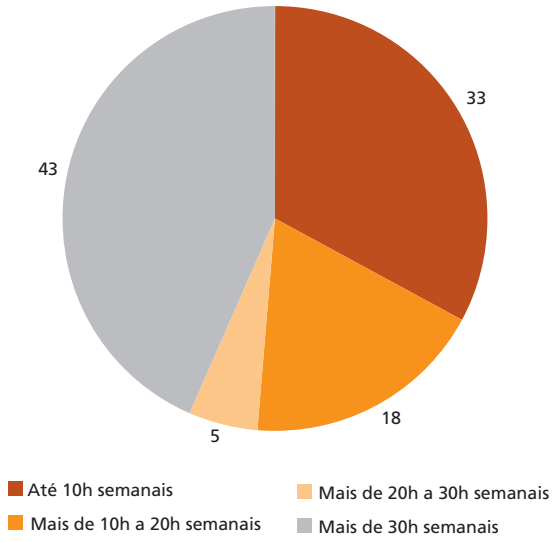
GRÁFICO 9
Vinculação dos pesquisadores



Fonte: Dados da pesquisa.

A pesquisa também verificou a dedicação dos pesquisadores às atividades na infraestrutura. Para tanto, buscou colher informações sobre o tempo dedicado nos laboratórios. Conforme o gráfico 10, 43%, dedica mais de 30 horas semanais no laboratório, o maior contingente. Todavia, o segundo maior contingente (33%), dedica menos de 10 horas semanais às atividades no laboratório. Essa carga de trabalho é um terço daquela declarada pelo maior grupo, a menor carga horária semanal possível de ser declarada.

GRÁFICO 10
Dedicação dos pesquisadores – número de horas semanais
(Em %)



Fonte: Dados da pesquisa.

Nos laboratórios, também trabalham profissionais que atuam no suporte técnico e nas atividades administrativas. São 829 profissionais desse grupo nos laboratórios de TICs, são 4,3 por laboratório. Ou seja, de todo o pessoal em atividade nos laboratórios de TICs, 60% são pesquisadores e 40% são do grupo de técnicos e pessoal administrativo. A tabela 2 apresenta a distribuição desses profissionais conforme suas vinculações. Mais da metade deles são servidores ou funcionários (51%), enquanto 26,8% são prestadores de serviço ou terceirizados. Também aqui a maior porcentagem de servidores reflete a ligação da infraestrutura com instituições públicas.

TABELA 2
Vinculação do pessoal técnico e administrativo

Tipo de vínculo	Técnicos e pessoal administrativo	(%)
Servidor/funcionário	423	51,0
Prestador de serviço/terceirizado	222	26,8
Outro vínculo	184	22,2
Total	**829**	**100,0**

Fonte: Dados da pesquisa.

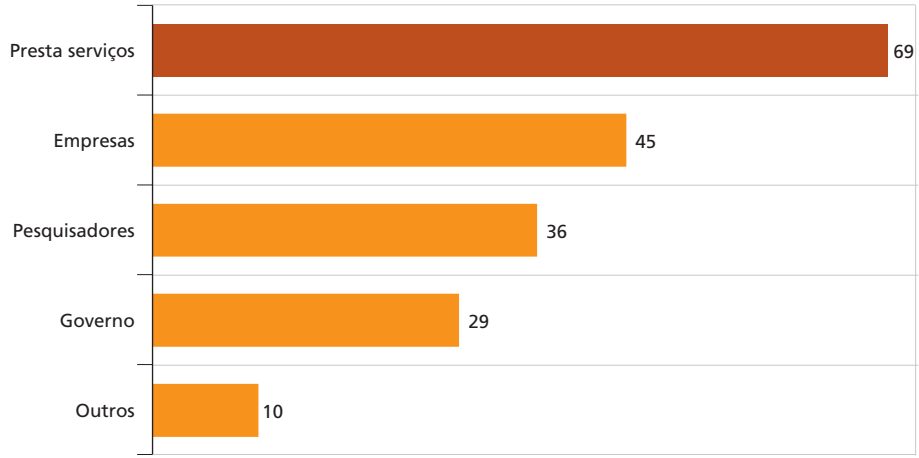
5.3 Atividades da infraestrutura

Conforme apresentado em seção anterior, a interação entre as infraestruturas tecnológicas e as empresas e delas com outros pesquisadores e instituições se mostraram fundamentais para o êxito do ecossistema de TICs. Desse modo, nesta seção, apresentam-se basicamente três tipos de interações: a prestação de serviços, a cooperação realizada pelos laboratórios e a utilização do laboratório por parte de usuários externos.

5.3.1 Prestação de serviços

Dos laboratórios de TICs, 69% realizam prestação de serviços, conforme gráfico 11. Essa proporção corresponde também à proporção de todos os laboratórios integrantes da pesquisa que prestam serviços, conforme De Negri e Schmidt Squeff (2014). Também, a proporção de laboratórios de TICs que prestam serviços às empresas (45%), é muito próxima da proporção de todos os laboratórios que prestam serviços às empresas, segundo as mesmas autoras. Apesar de as empresas representarem o maior contingente de clientes dos laboratórios, esse valor é baixo se considerarmos a necessidade de interação entre esses e aquelas. Conforme apresentado na seção 3, o alto nível de interação entre empresas e instituições de pesquisa é uma das características marcantes do SSITIC. O grupo de pesquisadores é o segundo maior grupo de tomadores de serviços dos laboratórios.

GRÁFICO 11
Proporção dos laboratórios que prestam serviços por tipo de cliente
(Em %)



Fonte: Dados da pesquisa.

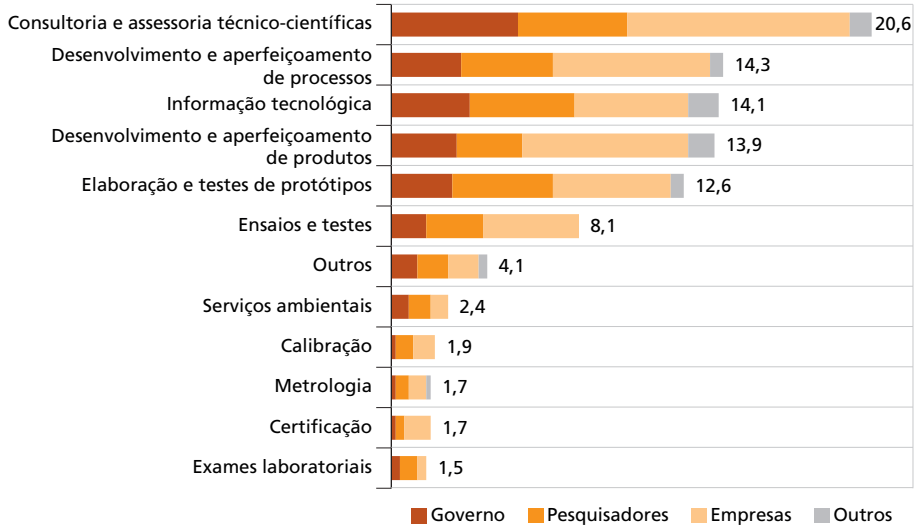
O gráfico 12 apresenta 96,8%[14] dos serviços prestados pelos laboratórios, por tipo de serviço e de cliente. O tipo de serviço mais prestado pelos laboratórios de TICs é o de consultoria e assessoria técnico-científicas. De todos os serviços, 20,6% são desse tipo, sendo quase metade deles prestados às empresas. Aliás, em todos os tipos, as empresas são os maiores tomadores de serviços dos laboratórios. Entre os demais tipos de serviços mais prestados estão: o desenvolvimento e aperfeiçoamento de processos; a informação tecnológica; o desenvolvimento e aperfeiçoamento de produtos; e a elaboração de testes e protótipos. Caso se considere que o desenvolvimento de processos e produtos são serviços com caráter inovativo, pode-se afirmar que 28,2% dos serviços dos laboratórios de TICs estão relacionados diretamente à inovação. Apesar disso, trata-se de um serviço prestado. Todavia, as interações presentes na maioria dos países são do tipo associação para o desenvolvimento de produtos e processos em que o risco e a apropriação sãos compartilhados.

O perfil da prestação de serviços de todos os laboratórios, conforme De Negri e Schmidt Squeff (2014), é voltado para: consultoria e assessoria técnico-científicas; ensaios e testes; análise de materiais; e desenvolvimento e aperfeiçoamento de processos. Não obstante, o perfil dos serviços dos laboratórios de TICs é voltado para consultoria e assessoria técnico-científicas que é bastante específico para o setor,[15] para desenvolvimento e aperfeiçoamento de produtos e processos e para informação tecnológica.

Cabe ainda salientar, em relação ao gráfico 12, a presença do governo como segundo maior cliente dos serviços de consultoria e assessoria técnico-científicas e do desenvolvimento e aperfeiçoamento de produtos. Possivelmente, trata-se de demanda para atender soluções de TICs nas atividades de rotina do próprio governo, sem configurar demandas governamentais que atendam necessidades estratégicas, por exemplo.

14. Os demais tipos de serviços não alcançam 1% cada.
15. Em alguns casos, o desenvolvimento de aplicativos são enquadrados nessa categoria de serviços.

GRÁFICO 12
Participação dos serviços prestados pelos laboratórios de TICs – por tipo de serviço e cliente
(Em %)

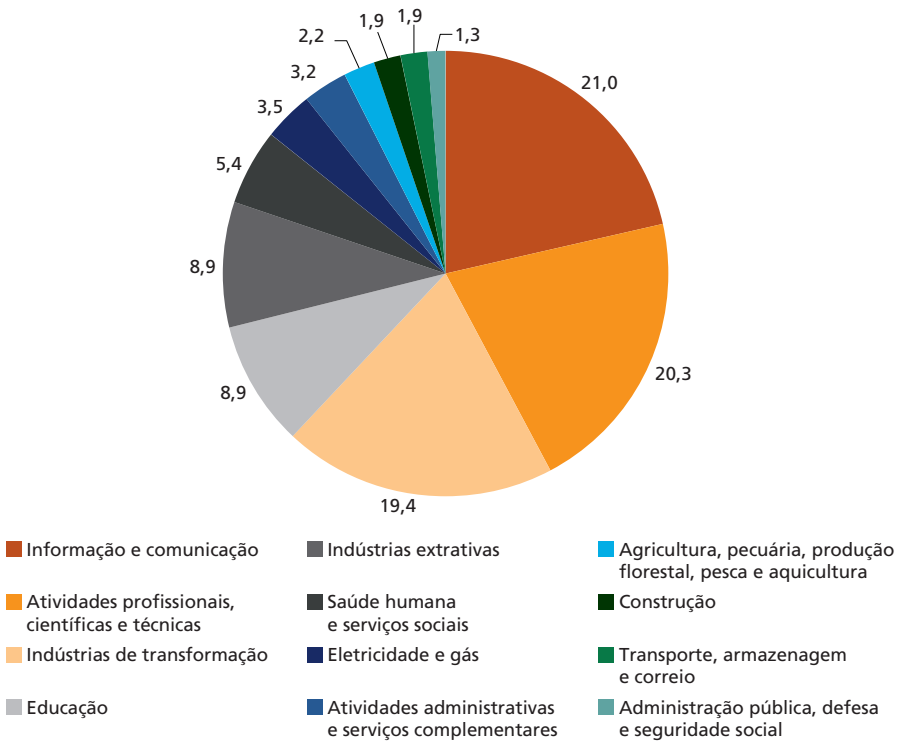


Fonte: Dados da pesquisa.

A pesquisa também buscou identificar a atividade econômica das empresas que recebem os serviços dos laboratórios de TICs. O gráfico 13 apresenta a seção da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) de 97,8%[16] dessas empresas. Como era de se esperar, 21%, o maior contingente de empresas, são do setor de serviços de informação e comunicação. No entanto, possivelmente refletindo as externalidades do setor de TICs, a quantidade de setores atendidos é expressiva. Ressaltem-se as participações significativas dos setores: atividades profissionais, científicas e técnicas (20,3%), aqui incluídas as engenharias; indústrias de transformação (19,4%); educação (8,9%); e as indústrias extrativas (8,9%).

16. As demais seções CNAE não alcançam 1% cada.

GRÁFICO 13
Empresas clientes dos laboratórios por seção CNAE
(Em %)



Fonte: Dados da pesquisa.

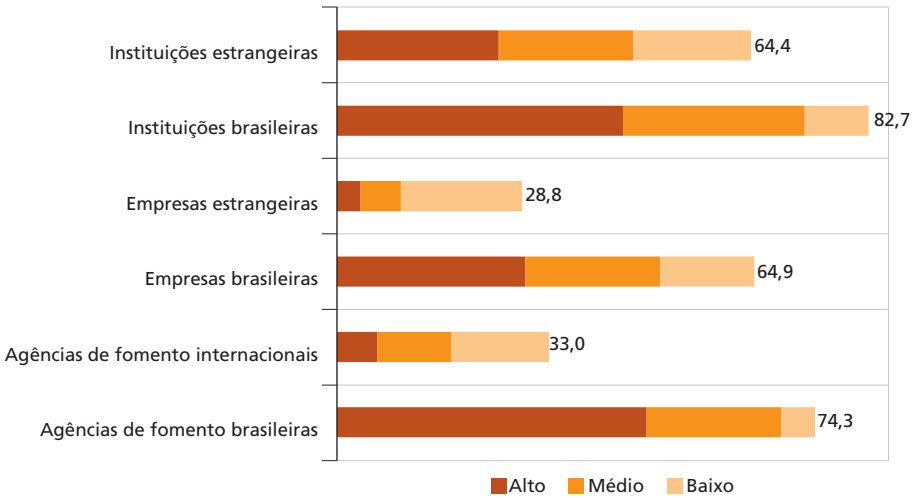
Em contrapartida, chama atenção a pequena participação dos setores agrícola (2,2%) e de transportes (1,9%). São setores importantes para o país e podem se beneficiar das inovações geradas pelas TICs. Entretanto, não são clientes expressivos dos laboratórios do setor.

5.3.2 Cooperação dos laboratórios

As atividades de cooperação que os laboratórios estabelecem com outras instituições de pesquisa, com empresas ou agências de fomento, sejam elas brasileiras, sejam estrangeiras, são outra possibilidade de interação. O gráfico 14 apresenta as atividades de cooperação com esses agentes, brasileiros e estrangeiros, conforme a importância atribuída a elas, pelos coordenadores de laboratórios. Nele, fica evidente que os laboratórios têm maior propensão à cooperação no Brasil. Além das maiores proporções de atividades serem com instituições, agências de fomento

e empresas brasileiras (82,7%, 74,3% e 64,9%, respectivamente), a importância atribuída às atividades com esses agentes nacionais é sempre maior que aquela dos seus congêneres estrangeiros.

GRÁFICO 14
Atividades de cooperação com outros agentes conforme grau de importância
(Em %)



Fonte: Dados da pesquisa.

5.3.3 Utilização dos laboratórios pelos usuários externos

Outro indicador do nível de interações das infraestruturas é o quanto seus equipamentos e serviços são utilizados por usuários externos ao laboratório. Os usuários externos aqui considerados são aqueles que não fazem parte da equipe de pesquisadores, técnicos ou estudantes do próprio laboratório. São pesquisadores vinculados a outras instituições, no Brasil ou no exterior, ou a outros departamentos da própria instituição que não fazem parte da equipe do laboratório.

A tabela 3 apresenta a quantidade de laboratórios que recebeu usuários externos em 2012 e a quantidade de usuários externos que foram atendidos, por tipo de usuário. Nela, fica evidente que a interação das infraestruturas com usuários estrangeiros é significativamente mais baixa do que com brasileiros. Também a proporção de laboratórios que atendem usuários externos é baixa. Em média, 27,6% dos laboratórios recebem usuários externos. Em relação a pesquisadores de empresas, esse número é ainda menor (15%).

TABELA 3
Número de usuários externos e laboratórios que os receberam (2012)

Vínculo do pesquisador usuário	Usuários do Brasil	Usuários do Exterior	Número de laboratórios	Laboratórios (%)
Alunos de graduação	1.539	7	49	26
Alunos de pós-graduação	698	34	57	30
Pesquisadores da mesma instituição (exceto a equipe da infraestrutura)	331	16	63	33
Pesquisadores de empresas	101	3	28	15
Pesquisadores de outras instituições	292	56	57	30
Total	**2.961**	**116**		

Fonte: Dados da pesquisa.

5.4 Valores estimados, custos operacionais e receitas

A pesquisa também investigou a dimensão econômica das infraestruturas. Diversos valores foram informados. Em todas as informações financeiras, considerou-se o ano de 2012 como base. O primeiro deles em relação a seu financiamento e sua origem, conforme apresentado na tabela 4. A maior financiadora dos laboratórios de TICs é a Petrobras (44%). Entretanto o organismo que mais financiou infraestruturas é o CNPq, seguido pelas fundações estaduais de amparo à pesquisa.

A participação de outras empresas nesse processo de financiamento é baixa. Somente 34 infraestruturas receberam financiamento empresarial. Ele corresponde a 12,7% do financiamento total das infraestruturas de TICs da pesquisa. Ainda assim, esse valor é superior ao financiamento empresarial de todas as infraestruturas consideradas na pesquisa (7,34%), conforme De Negri e Schmidt Squeff (2014). Possivelmente essa diferença se dê em função da característica do SSITIC, ainda assim essa participação é muito pequena quando comparada com a de outros países.

Cabe destacar também que a receita proveniente da prestação de serviços é muito pequena (3,6%). Aparentemente, ou existe uma contradição com o volume de serviços prestados ou os serviços prestados são de baixo valor.

TABELA 4
Financiamento dos laboratórios, por entidade financiadora

Entidade financiadora	Número de infraestruturas	Valor (R$ milhões)	(%)
Petrobras	21	92,5	44,0
Empresas privadas	34	26,7	12,7
Própria instituição	44	18,5	8,8
Outras fontes	16	15,2	7,2
Finep	30	14,3	6,8
CNPq	73	10,5	5,0

(Continua)

(Continuação)

Entidade financiadora	Número de infraestruturas	Valor (R$ milhões)	(%)
Outra instituição pública	10	10,2	4,9
Fundo Estadual de Amparo à Pesquisa	60	9,6	4,6
Prestação de serviços	14	7,3	3,5
Capes	37	3,6	1,7
Outras empresas públicas	9	1,9	0,9
Total	**348**	**210,2**	**100,0**

Fonte: Dados da pesquisa.

Em relação ao custo operacional anual, conforme a tabela 5, a maior parte das infraestruturas (45,5%), ficou na faixa de menor valor (até R$ 50 mil). Um segundo grupo (8,9% das infraestruturas) informou o custo operacional anual entre R$ 50 mil e R$ 100 mil. O custo operacional das infraestruturas de TIC é menor que o custo operacional das infraestruturas do universo da pesquisa.

Entre as possíveis explicações para o baixo custo operacional, está o fato de que essas infraestruturas são integrantes, em sua maioria, de universidades e instituições de pesquisa, muitos deles públicos. De modo que boa parte dos custos não são contabilizados em rubrica específica da infraestrutura.

TABELA 5
Custo operacional anual por faixa de valor

Faixa de custo operacional	Número de infraestruturas	(%)	Acumulado (%)
Até R$ 50 mil	87	45,5	45,5
Acima de R$ 50 mil até R$ 100 mil	17	8,9	54,5
Acima de R$ 100 mil até R$ 150 mil	6	3,1	57,6
Acima de R$ 150 mil até R$ 200 mil	6	3,1	60,7
Acima de R$ 200 mil até R$ 300 mil	3	1,6	62,3
Acima de R$ 300 mil até R$ 500 mil	9	4,7	67,0
Acima de R$ 500 mil até R$ 750 mil	5	2,6	69,6
Acima de R$ 750 mil até R$ 1 milhão	3	1,6	71,2
Acima de R$ 1 milhão até R$ 2 milhões	7	3,7	74,9
Acima de R$ 2 milhões até R$ 5 milhões	6	3,1	78,0
Acima de R$ 5 milhões	1	0,5	78,5
Não é possível estimar	40	20,9	99,5
Não informado	1	0,5	100,0

Fonte: Dados da pesquisa.

Vale ressaltar que 20,9% dos coordenadores informaram não ser possível estimar o custo operacional. Esse alto índice reforça a explicação de que as infraestruturas estão inseridas em contexto no qual os custos e outros valores não são administrados em separado por elas próprias.

Essa realidade também se apresenta em relação à receita, conforme a tabela 6. Dos coordenadores, 35,1% informaram não ser possível estimar a receita anual da infraestrutura. Essa porcentagem é muito próxima daquela informada pelo universo pesquisado. Mesmo assim, as receitas dos laboratórios são baixas. O maior grupo deles, 28,3%, gera menos de R$ 50 mil de receita anual.

Apesar disso, quando se considera os laboratórios que estimam suas receitas anuais superiores a R$ 1 milhão, encontra-se 10,5% dos laboratórios de TICs. No universo pesquisado, 7,3% deles estimaram essa faixa de receita. Ou seja, os laboratórios de TICs geram mais receitas que o universo da pesquisa.

TABELA 6
Receita a anual por faixa de valores

Faixa de receita	Número de infraestruturas	(%)	Acumulado (%)
Até R$ 50 mil	54	28,3	28,3
Acima de R$ 50 mil até R$ 100 mil	11	5,8	34,0
Acima de R$ 100 mil até R$ 150 mil	7	3,7	37,7
Acima de R$ 150 mil até R$ 200 mil	5	2,6	40,3
Acima de R$ 200 mil até R$ 300 mil	4	2,1	42,4
Acima de R$ 300 mil até R$ 500 mil	8	4,2	46,6
Acima de R$ 500 mil até R$ 750 mil	6	3,1	49,7
Acima de R$ 750 mil até R$ 1 milhão	8	4,2	53,9
Acima de R$ 1 milhão até R$ 2 milhões	5	2,6	56,5
Acima de R$ 2 milhões até R$ 5 milhões	10	5,2	61,8
Acima de R$ 5 milhões	5	2,6	64,4
Não é possível estimar	67	35,1	99,5
Não informado	1	0,5	100,0

Fonte: Dados da pesquisa.

Outra estimativa realizada foi em relação ao valor total do conjunto de equipamentos de pesquisa, conforme a tabela 7. Dos laboratórios, 66% informaram que o somatório de seus equipamentos não excedia R$ 250 mil. Apenas oito infraestruturas, de acordo com os resultados, possuem um patrimônio de equipamentos superior a R$ 5 milhões, o que equivale a 4% da amostra. Comparando-se com o valor dos equipamentos de pesquisa do universo pesquisado, os equipamentos dos laboratórios de TICs têm valor menor.

TABELA 7
Valor estimado do conjunto dos equipamentos de pesquisa por faixa de valor

Faixa de valor dos equipamentos de pesquisa	Número de infraestruturas	(%)	Acumulado (%)
Até R$ 100 mil	91	47,6	47,6
Acima de R$ 100 mil até R$ 250 mil	35	18,3	66,0
Acima de R$ 250 mil até R$ 500 mil	16	8,4	74,3
Acima de R$ 500 mil até R$ 1 milhão	26	13,6	88,0
Acima de R$ 1 milhão até R$ 2 milhões	9	4,7	92,7
Acima de R$ 2 milhões até R$ 3 milhões	3	1,6	94,2
Acima de R$ 3 milhões até R$ 5 milhões	2	1,0	95,3
Acima de R$ 5 milhões até R$ 7 milhões	4	2,1	97,4
Acima de R$ 10 milhões até R$ 15 milhões	3	1,6	99,0
Acima de R$ 15 milhões até R$ 20 milhões	1	0,5	99,5
Não informado	1	0,5	100,0

Fonte: Dados da pesquisa.

Por fim, a pesquisa buscou a estimativa do valor total da infraestrutura. Dos laboratórios, 78% possuem valor estimado abaixo de R$ 500 mil. Essa grande proporção indica que os laboratórios de TICs são laboratórios pequenos e com baixo valor patrimonial.

TABELA 8
Valor estimado da infraestrutura por faixa de valor

Faixa de valor da infraestrtura	Número de infraestruturas	(%)	% acumulado
Até R$ 500 mil	149	78	78
Acima de R$ 500 mil até R$ 1 milhão	16	8,4	86,4
Acima de R$ 1 milhão até R$ 3 milhões	12	6,3	92,7
Acima de R$ 3 milhões até R$ 5 milhões	5	2,6	95,3
Acima de R$ 5 milhões até R$ 10 milhões	3	1,6	96,9
Acima de R$ 10 milhões até R$ 20 milhões	5	2,6	99,5
Acima de R$ 20 milhões até R$ 30 milhões	1	0,5	100

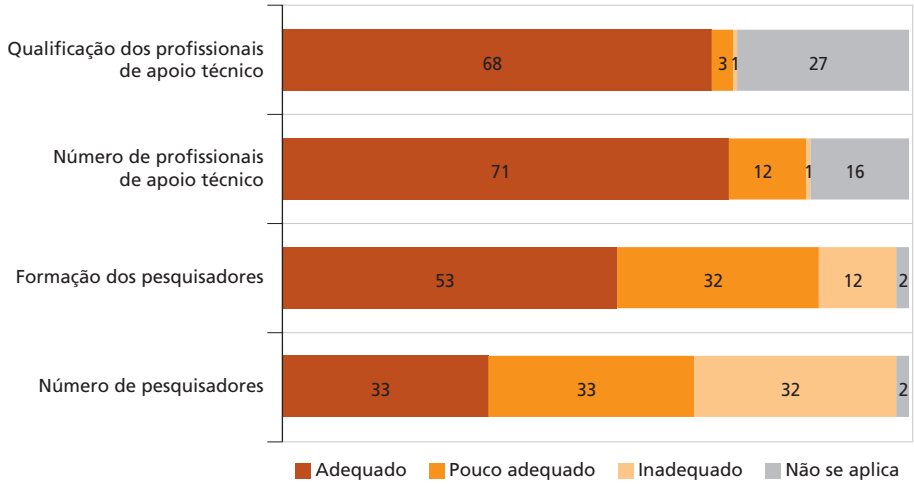
Fonte: Dados da pesquisa.

5.5 Avaliação das condições gerais

A última parte da pesquisa buscou dos coordenadores de pesquisa suas percepções acerca dos pesquisadores e do pessoal de apoio técnico (qualificação e quantidade), e da estrutura disponível (instalações físicas, equipamentos, outros insumos e manutenção), nos laboratórios. Por fim, os coordenadores também fizeram uma avaliação geral da capacidade técnica dessas infraestruturas.

No gráfico 15, são apresentados os resultados da avaliação dos recursos humanos que atuam na infraestrutura. Em relação ao pessoal de apoio técnico-administrativo, a percepção da grande maioria dos coordenadores é que a qualificação e o número de profissionais são adequados. Assim, 68% percebem a qualificação e 71% o número de profissionais.

GRÁFICO 15
Avaliação dos recursos humanos
(Em %)



Fonte: Dados da pesquisa.

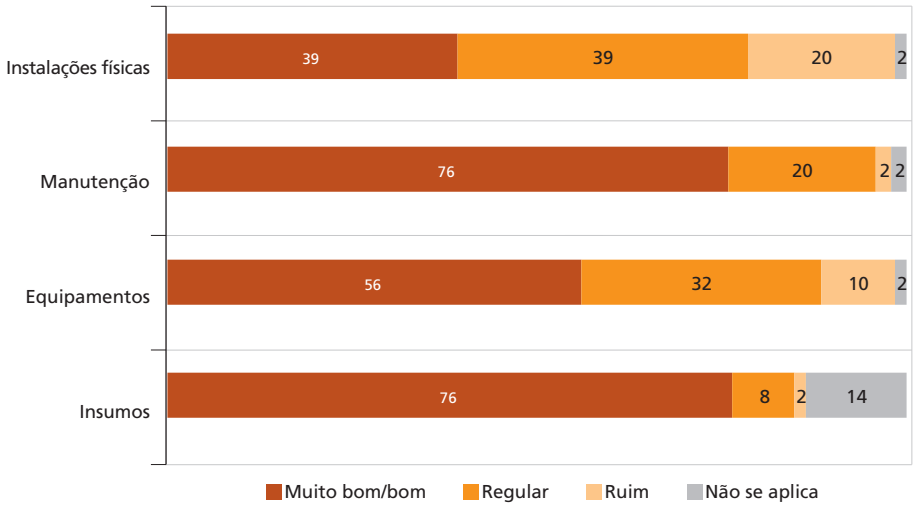
Todavia, em relação aos pesquisadores, a avaliação muda. Quase divididos entre adequado (53%), e pouco adequado/inadequado (44%), os coordenadores não apresentam a mesma percepção em relação ao pessoal de apoio técnico-administrativo. Pior ainda em relação à quantidade de pesquisadores que atuam na infraestrutura, 66% dos coordenadores julgaram o número de pesquisadores pouco adequado ou inadequado.

A avaliação que os coordenadores dos laboratórios de TICs fazem dos recursos humanos é muito semelhante à avaliação realizada pelo recursos humanos, apresentada por todos os coordenadores do universo da pesquisa. Todas as respondentes possivelmente careçam de mais pesquisadores e que sejam mais bem qualificados.

O gráfico 16 apresenta a percepção dos coordenadores acerca de aspectos como insumos, equipamentos, manutenção e instalações. Para 76% deles, os insumos e a manutenção da infraestrutura são muito bons ou bons. Em relação aos equipamentos, a avaliação ainda é positiva, embora os que os avaliam como muito bons ou bons ainda sejam maioria (56%).

Todavia, aparentemente, as instalações físicas das infraestruturas de TICs não são boas e receberam a pior avaliação. Na avalição de 59% dos coordenadores respondentes, a condição delas é regular ou ruim. Essa informação merece uma melhor investigação, pois se os laboratórios são recentes, era de se esperar que as instalações físicas fossem adequadas, particularmente no que diz respeito à qualidade.

GRÁFICO 16
Avaliação das condições gerais da infraestrutura



Fonte: Dados da pesquisa.

Por fim, os coordenadores fizeram uma avaliação da capacitação técnica de suas infraestruturas em relação a outras do gênero, brasileiras e do exterior, conforme apresentado na tabela 9. Somente 12% deles consideraram a capacidade técnica de seus laboratórios avançada e compatível com a observada nas melhores infraestruturas do gênero no exterior. Dos respondentes, 24% indicaram a opção *Avançada em relação aos padrões brasileiros, mas ainda distante da observada nas melhores infraestruturas do gênero no exterior* e 40% consideram-se equivalentes a seus pares no país. Ou seja, a maior parte da nossa infraestrutura tecnológica de TICs tem capacidade técnica aquém daquela presente nas melhores infraestruturas do mundo, conforme percepção de seus coordenadores. Pior ainda, em 22% delas, a capacidade técnica foi declarada como *Insuficiente em relação à observada em outras infraestruturas do gênero no Brasil*.

TABELA 9
Avaliação da capacidade técnica

Avaliação da capacidade técnica	Número de infraestruturas	(%)
Avançada e compatível com a observada nas melhores infraestruturas do gênero no exterior	23	12
Avançada em relação aos padrões brasileiros, mas ainda distante da observada nas melhores infraestruturas do gênero no exterior	45	24
Adequada e compatível com a observada em outras infraestruturas do gênero no Brasil	79	41
Insuficiente em relação à observada em outras infraestruturas do gênero no Brasil	42	22
Não sabe	2	1

Fonte: Dados da pesquisa.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo apresentou a infraestrutura tecnológica de P&D brasileira pertencente ao setor de Tecnologias da Informação e Comunicação. Com base em pesquisa realizada com as infraestruturas de P&D de diversos setores, foram analisadas as principais características dos laboratórios de TICs e o nível de interação deles com os demais integrantes do Sistema Setorial de Inovação.

O setor das TICs é extremamente dinâmico e o processo de convergência tem transformado o setor. Seu Sistema Setorial de Inovação é caracterizado pela *open innovation* e pelo surgimento de instituições e mecanismos singulares. Considerado como setor estratégico para o desenvolvimento econômico, alguns países concentram seus investimentos em P&D neste setor. O esforço significativo em P&D no setor de TICs, para alguns deles, pode se traduzir em apropriação de valor via patentes, compartilhado por empresas de diferentes segmentos do setor. Desse modo, a participação empresarial no P&D setorial é expressiva e a interação entre as empresas tem sido o grande motor inovativo em TICs.

No Brasil, entretanto, o esforço empresarial não está alinhado com o que ocorre nos países líderes do setor. Talvez, por causa disso, as infraestruturas de pesquisas em TICs são maciçamente associadas e financiadas pelo setor público. Também não se pode afirmar que o setor de TICs seja o foco do P&D brasileiro. Somente 11% das infraestruturas elencadas na pesquisa são pertencentes ao setor.

As infraestruturas de pesquisa do setor de TICs brasileiro estão concentradas no sudeste brasileiro, mais especificamente no triângulo Rio-São Paulo-Minas Gerais. São laboratórios recentes e tecnologicamente modernos, tendo sido a maioria criada após o ano 2000. Entretanto, isso não permite afirmar que eles estejam *up-to-date* em comparação com os seus pares em nível mundial.

Os laboratórios cobrem uma larga faixa de atuação. Apesar disso, 70% têm como temática principal, atividades de P&D em aplicações, conteúdos e plataformas de serviços. Este resultado era esperado, na medida em que os laboratórios da camada de equipamentos são significativamente mais caros e, tradicionalmente, nos países líderes, são ligados a grandes empresas mundiais do setor.

As aplicações, especialmente aplicadas às engenharias, o *software* básico e os *softwares* gráficos constituem-se no foco do P&D das infraestruturas da camada 3. Enquanto os equipamentos de rede, o *hardware*, a eletrônica digital e automação e robótica dividem as atenções dos laboratórios da camada 1.

Aparentemente, não há foco dirigido na atuação das infraestruturas tecnológicas, possivelmente decorrente da pouca ligação com as empresas do setor. Metade dos laboratórios não prestam serviços e não realizam atividades de extensão. Naquelas que o fazem, isso ocorre de maneira esporádica. São poucas as infraestruturas que realizam essas atividades continuamente. Não obstante, todas realizam pesquisas e desenvolvimento de tecnologias de forma contínua.

As 191 infraestruturas brasileiras do setor de TICs contam com um contingente de 1.255 pesquisadores. A maioria deles tem titulação máxima no nível de doutorado, é servidor público e dedica ao laboratório a maior parte do tempo de suas atividades profissionais. A maioria do pessoal técnico e administrativo dos laboratórios também é servidor público. Vale salientar que a pesquisa apontou uma relação de 0,54 de pessoa do grupo de apoio técnico-administrativo para cada pesquisador, considerando todas as infraestruturas respondentes no universo da pesquisa. Esse número nas infraestruturas respondentes do setor de TICs é de 0,66. Não há elementos característicos do setor que indiquem a necessidade do maior contingente de pessoal de apoio.

Dos laboratórios que prestam serviços, a maioria os realiza para empresas. Essas empresas, em sua maior parte, são do setor de informação e comunicação, do setor de atividades profissionais, científicas e técnicas e do setor de indústrias de transformação. O serviço de consultoria e assessoria técnico-científica é o mais realizado. Possivelmente, o serviço esteja relacionado às aplicações de TICs nas empresas, visto existir um grande número de laboratórios cuja temática principal é o desenvolvimento de aplicações. O desenvolvimento de processos e o desenvolvimento de produtos também figuram entre os serviços mais prestados, embora em patamar mais baixo.

O nível de cooperação dos laboratórios com outros agentes se dá em maior escala com instituições, agências de fomentos e empresas brasileiras. Com as estrangeiras, além de ser em menor intensidade, foi reportado ser em menor grau de importância. O que é comprovado pela baixa utilização de usuários externos de fora do país. Além disso, os laboratórios que recebem usuários externos à sua equipe são muito poucos, em média 27,6% dos laboratórios do setor.

O financiamento dos laboratórios de TICs é majoritariamente público. Os números levantados para os laboratórios de TICs mostram a relevância de instituições, como a Finep, as fundações de apoio à pesquisa (FAPs) e as próprias instituições às quais as infraestruturas estão ligadas, para o financiamento à pesquisa no setor. A participação empresarial é 12,7% do valor total. Ressalte-se a expressiva participação da Petrobrás no financiamento às infraestruturas de TICs brasileiras. Análise realizada nas respostas dos coordenadores indica que a maior parte do investimento da Petrobras se concentra nos laboratórios de computação científica e visualização.

O custo operacional baixo de 45,5% dos laboratórios ocorre, principalmente, pelo fato de eles serem vinculados a instituições públicas, que absorvem parte expressiva desses custos, entre eles o custo dos pesquisadores e do pessoal de apoio técnico-administrativo. A vinculação com instituições públicas também afeta a informação sobre a receita anual. Pouco mais de um terço deles (35,1%), informaram não ser possível estimá-la. Outro terço tem receita anual até R$ 50 mil e somente 10% dos laboratórios de TICs têm receita superior a R$ 1 milhão.

Sendo assim, em sua grande maioria, são laboratórios pequenos. Em média, eles contam com seis pesquisadores, quatro empregados de apoio técnico-administrativo e possuem 109 m^2. O próprio valor estimado dos equipamentos de pesquisa e o valor da infraestrutura também indicam o seu pequeno porte. Em dois terços das infraestruturas, o valor dos equipamentos não é superior a R$ 250 mil. Das infraestruturas tecnológicas de TICs, 78% têm seu valor estimado em até R$ 500 mil. Ainda assim, vale salientar que existem algumas poucas infraestruturas, cerca de 4% delas, cujos equipamentos e a própria infraestrutura estão acima dos R$ 5 milhões.

A avaliação dos laboratórios realizada pelos coordenadores indica que eles necessitam de mais pesquisadores e de que tenham formação mais adequada. As condições de manutenção e de insumos são boas, também de acordo com a opinião dos coordenadores. Entretanto, a mesma avaliação em relação aos equipamentos não permanece e, apesar de serem recentes, as instalações físicas dos laboratórios não são bem avaliadas.

Por fim, a capacidade técnica de grande parte deles é percebida como inferior a de seus congêneres estrangeiros, embora um quarto deles tenha capacidade técnica superior à observada nos laboratórios brasileiros. Cabe salientar ainda que, para 22% dos coordenadores, os laboratórios que lideram têm capacidade técnica abaixo da observada em outras infraestruturas do gênero.

A baixa interação com o mercado, o relativo isolamento da comunidade externa e a baixa capacidade em relação a seus congêneres externos configuram o cenário das infraestruturas de TICs amostradas na pesquisa. Adicione-se a falta de foco e o baixo valor investido e teremos a participação brasileira no cenário mundial da inovação em TICs.

A partir dessa avaliação inicial sobre os laboratórios de P&D em TICs, algumas questões se apresentam em futura pesquisa. Entre elas, destacam-se as seguintes.

- Apesar do baixo número de interações dos laboratórios de TICs, a produção científica é expressiva?
- A grande abrangência temática é causada pela ausência de demandas direcionadas?
- E por que não existe orientação temática estratégica cujo foco seja as vantagens e oportunidades do país?

Por fim, mesmo sem essas respostas, algumas recomendações podem ser extraídas da análise aqui apresentada. Visando ao aperfeiçoamento da política pública de estímulo ao SSITICs, sugere-se o seguinte.

1) Realizar demandas institucionais, principalmente oriundas do nível federal, que direcionem o desenvolvimento de soluções de TICs no sentido de suprir necessidades e problemas da sociedade brasileira. Especialmente em áreas tais como saúde, segurança, educação e mobilidade, as soluções em TICs podem oferecer soluções principalmente na camada 3, na qual atua o maior contingente de laboratórios. Além disso, a partir da aplicação das soluções, poderão aparecer novas empresas que as implementarão.
2) Priorizar a demanda por projetos que necessitem de interação entre as infraestruturas e entre elas e as empresas. Se possível, colocar como condição necessária para o recebimento de recursos a presença dessas interações, valorizando assim aqueles em que exista a participação empresarial. Conforme apresentado, o SSITICs é marcadamente caracterizado por uma grande interação entre instituições de P&D e empresas.
3) Direcionar parte dos recursos para que atenda o P&D em soluções TICs embarcadas. A chamada *internet das coisas*, conforme apresentado aqui, se configura como a próxima onda de inovações em TICs. Além de combinar soluções em *hardware* e *software*, possibilitando maior integração entre as infraestruturas, trata-se de uma área com muito espaço para atuação e estabelecimento de liderança.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, B. C.; SOUSA, R. A. F. DE. **Liderança de mercado no setor de TICS brasileiro**: estudos de caso da TOTVS e da Positivo Informática S/A. Brasília: Ipea, 2014. (Texto para Discussão, n. 1917).

ARNOLD, E. *et al.* Strategic planning in research and technology institutes. **R&D Management**, v. 28, n. 2, p. 89-100, 1998.

ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. The Internet of Things: a survey. **Computer Networks**, v. 54, n. 15, p. 2787-2805, 28 Oct. 2010.

AUTIO, E.; LAAMANEN, T. Measurement and evaluation of technology transfer: review of technology transfer mechanisms and indicators. **International journal of technology management**, v. 10, n. 7-8, p. 643-664, 1995.

BOURASSA, F. **ICT sector classification standards proposals based on ISIC Revision 4**. Geneva: OECD; ITU – World Telecommunication; ICT Indicators meeting, Oct. 2006.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). **Relatório estatístico preliminar de resultados da Lei de Informática** – 8.248/1991 e suas alterações. Dados dos relatórios demonstrativos do ano-base 2012. Brasília: MCTI, 2013. Versão 1.0.

CHESBROUGH, H.; VANHAVERBEKE, W.; WEST, J. **Open innovation**: researching a new paradigm. Oxford: Oxford university press, 2006.

CHESBROUGH, H. W. **Open innovation**: the new imperative for creating and profiting from technology. Boston: Harvard Business Press, 2003.

DE NEGRI, F.; CAVALCANTE, L. R. Análise dos dados da PINTEC 2011. **Nota Técnica**, n. 15, 2013.

DE NEGRI, F.; SCHMIDT SQUEFF, F. H. Infraestrutura científica e tecnológica no Brasil: análises preliminares. **Nota Técnica**, v. 21, 2014.

DUYSTERS, G.; HAGEDOORN, J. Technological convergence in the IT industry: the role of strategic technology alliances and technological competencies. **International Journal of the Economics of Business**, v. 5, n. 3, p. 355-368, 1998.

FRANSMAN, M. **The new ICT ecosystem**. Edimburgo: Kokoro, 2007.

_____ . **The new ICT ecosystem**: implications for policy and regulation. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.

FREEMAN, C. The National System of Innovation in historical perspective. **Cambridge Journal of economics**, v. 19, n. 1, p. 5-24, 1995.

FRIEDMAN, T. **O mundo é plano**. Rio de Janeiro: objetiva, 2005.

GARCIA, R.; ROSELINO, J. E. Uma avaliação da Lei de Informática e de seus resultados como instrumento indutor de desenvolvimento tecnológico e industrial. **Gestão & Produção**, v. 11, n. 2, p. 177-185, 2004.

GRIZENDI, E. **Manual de inovação para empresas brasileiras de TIC**: orientações gerais sobre inovação para empresas do setor de tecnologia da informação e comunicação. Rio de Janeiro: Softex, 2012. Disponível em: <http://goo.gl/P1gKt1>. Acesso em: 8 ago. 2014

JARUZELSKI, B.; DEHOFF, K. The global innovation 1000: how the top innovators keep winning. **Strategy and Business**, n. 61, p. 48, 2010.

KUBOTA, L. C.; MILANI, D. N. **Relatório setorial**: indústria de tecnologia da informação e comunicação. Belo Horizonte: ABDI, 2009.

KUBOTA, L. C.; OLIVEIRA, J. M.; MAYER, R. C. O sistema setorial de inovação de TICs no Brasil e o surgimento de novas firmas. **Radar**: tecnologia, produção e comércio exterior, Brasília, Ipea, n. 24, p. 61-73, fev. 2013.

LUNDVALL, B.-AKE; BORRÁS, S. **The globalising learning economy**: implications for innovation policy. Aalborg; Copenhagen: European Commission, 1997.

MIORANDI, D. *et al.* Internet of things: vision, applications and research challenges. **Ad Hoc Networks**, v. 10, n. 7, p. 1497-1516, set. 2012.

NELSON, R. R. **National innovation systems**: a comparative analysis. Oxford: Oxford University Press, 1993.

NOGUEIRA, M. O.; KUBOTA, L. C.; MILANI, D. N. CT-Info: uma visão a fundo. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 10, n. 2 jul./dez., p. 407-444, 2011.

OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **OECD Science, technology and industry scoreboard 2013**. Paris: OECD, 2013.

_____. **Research and Development Statistics (RDS)**. OECD, Apr. 2015a. Disponível em: <www.oecd.org/sti/rds>.

_____. **Analytical Business Enterprise Research and Development (Anberd) database**. OECD, Jul. 2015b. Disponível em: <www.oecd.org/sti/anberd>.

RODRÍGUEZ, A.; DAHLMAN, C. J.; SALMI, J. **Knowledge and innovation for competitiveness in Brazil**. Washington: World Bank Publications, 2008.

RUSH, H. *et al.* Strategies for best practice in research and technology institutes: an overview of a benchmarking exercise. **R&D Management**, v. 25, n. 1, p. 17-31, 1995.

SMITS, R.; LEYTEN, J.; DEN HERTOG, P. Technology assessment and technology policy in Europe: new concepts, new goals, new infrastructures. **Policy sciences**, v. 28, n. 3, p. 271-299, 1995.

SOUSA, R. Vinte anos da Lei de Informática: estamos no caminho certo. **Radar**: tecnologia, produção e comércio exterior, Brasília: Ipea, n. 16, p. 27-36, 2011.

SZAPIRO, M. H. DE S. **Reestruturação do setor de telecomunicações na década de noventa**: um estudo comparativo dos impactos sobre o sistema de inovação no Brasil e na Espanha. 2005. Tese (Doutorado) – Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

TURLEA, G. *et al.* The 2011 report on R&D in ICT in the European Union: institute for prospective technological studies. **Joint Research Centre**, European Commission, 2011.

CAPÍTULO 7

INFRAESTRUTURA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DO SETOR DE PETRÓLEO E GÁS NATURAL NO BRASIL[1]

José Mauro de Morais[2]
Lenita Turchi[3]

1 INTRODUÇÃO

Este estudo analisa as infraestruturas científica e tecnológica públicas que prestam serviços ao setor de petróleo e gás natural (P&G) no Brasil. Formada principalmente por laboratórios, as infraestruturas científicas inserem-se em departamentos de universidades e centros e institutos de pesquisa, entidades que integram o sistema setorial de inovações em P&G.

Como as infraestruturas de pesquisas constituem a base do sistema setorial de inovações, para o entendimento de suas importantes funções é essencial avaliar, inicialmente, o processo de evolução histórica do sistema de inovação em petróleo e gás natural e como este se configura atualmente. Com esse objetivo – antes da avaliação da infraestrutura de laboratórios –, este estudo analisa os antecedentes da formação do sistema no contexto das atividades de exploração de petróleo da empresa líder do setor (Petrobras) e discute as redefinições de papeis e relações de poder ocorridas no sistema, após a quebra do monopólio da companhia, em 1995. São apresentados no decorrer das análises os principais atores, instituições e normas que passaram a integrar o sistema de inovação em P&G.

Como executora, de 1953 a 1995, do monopólio da União no setor de petróleo, a Petrobras foi responsável tanto pelas atividades produtivas (exploração, produção e refino de petróleo e outras), como pelo financiamento, pela coordenação, pela execução e pelo uso dos conhecimentos gerados sobre o petróleo. Essas atividades foram desenvolvidas em cooperação com universidades, centros de pesquisas e empresas produtoras fornecedoras de bens e serviços para o petróleo. Após a mudança institucional que terminou com o monopólio da Petrobras,[4] o sistema de inovação em P&G tornou-se menos verticalizado, ao incorporar novos atores: empresas petroleiras privadas nacionais e estrangeiras, firmas estatais de

1. Os autores agradecem à Flavia de Holanda Schmidt Squeff os comentários e sugestões a este estudo e ressaltam que erros eventualmente remanescentes são de exclusiva responsabilidade dos autores.

2. Técnico de planejamento e pesquisa da Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação, Regulação e Infraestrutura (Diset).

3. Técnica de planejamento e pesquisa da Diset.

4. A Emenda Constitucional (EC) nº 9/1995 eliminou o monopólio da Petrobras na cadeia do petróleo e permitiu a entrada de empresas privadas e estatais nas atividades produtivas do setor. A Lei nº 9.478/1997, que regulamentou a Emenda nº 9/1995, dispôs sobre a política energética nacional e as atividades relativas ao monopólio do petróleo da União.

outros países, a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), o Fundo Setorial do Petróleo e Gás Natural (CT-Petro), além de universidades e centros de pesquisas voltados às atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I), demandadas pelas empresas petroleiras operadoras de campos de petróleo e pelas demais firmas da indústria do petróleo.

Além do foco deste estudo na análise da infraestrutura de laboratórios que prestam serviços de PD&I para petróleo e gás natural, o texto procura demonstrar que a formação do sistema de inovação do setor de P&G no Brasil foi condicionada pelas orientações e políticas de desenvolvimento tecnológico da Petrobras, nos mais de quarenta anos em que exerceu o monopólio do petróleo. E que a companhia estatal continua configurando, até hoje, o desenvolvimento do sistema, não obstante a entrada de novos e variados atores no sistema de inovação em P&G.

Essa influência é visível no fato de que, até 2013, a Petrobras enviou recursos para a reforma ou a implantação de mais de setenta laboratórios localizados em universidades e instituições científicas, no contexto de seu modelo de Redes Temáticas, criado em 2006, que vem desde então orientando a política de investimentos em PD&I da companhia.

Além desta introdução, este estudo é desenvolvido em cinco seções. A seção 2 trata de aspectos teóricos dos sistemas nacionais de inovação (SNIs), utilizados neste estudo como uma das referências para a análise do sistema setorial de petróleo e gás natural. A seção 3 examina o sistema de inovação desenvolvido pela Petrobras – com foco na constituição do Centro de Pesquisas e Desenvolvimento (Cenpes) e no lançamento de programas especiais para águas profundas – e analisa a entrada de novas instituições governamentais (ANP e CT-Petro) e instituições privadas no sistema de inovação em P&G, bem como as relações estabelecidas entre essas instituições e as empresas petroleiras. A seção 4 estuda a infraestrutura laboratorial do sistema setorial de petróleo e gás natural, com a utilização de dados da pesquisa sobre infraestrutura científica realizada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), com o apoio do Ipea e do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). A seção 5 analisa, de forma comparativa, a constituição do sistema setorial de inovação em P&G na Noruega e no Brasil e os desdobramentos resultantes das diferenças entre os sistemas nos dois países. A seção 6 apresenta as conclusões do estudo.

2 INFRAESTRUTURA DE PESQUISAS: ASPECTOS TEÓRICOS

A vasta literatura sobre SNIs tem em comum o reconhecimento da necessidade e da relevância da constituição de redes e sistemas de inovação, no atual processo de produção e difusão do conhecimento (Freeman, 2000; Lundvall, 1992; Nelson, 1993; Etzkowits, 2003; Bijker,1995). Esses autores possuem,

também, em comum o argumento da necessidade de múltiplos atores e visões para fazer frente à complexidade do conhecimento no estágio atual dos desenvolvimentos científico e tecnológico. Os estudos sobre o tema têm enfatizado não só a questão da diversidade e da complementaridade requeridas no atual estágio do desenvolvimento científico, como também a importância do processo de aprendizagem coletiva na geração de novos conhecimentos e suas aplicações tecnológicas.

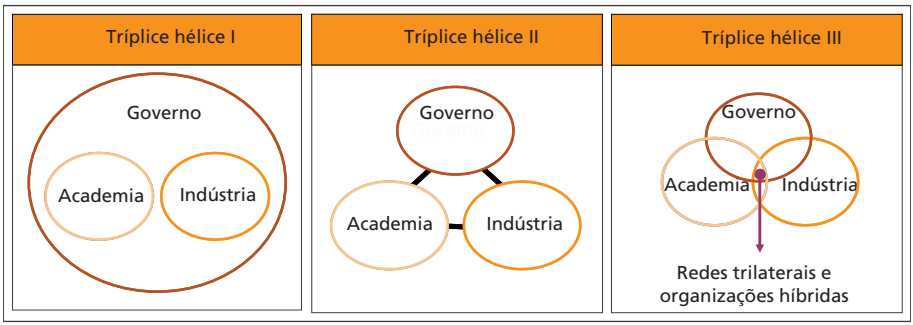
A abordagem sistêmica do processo de produção, aplicação e difusão do conhecimento ganha destaque no final da década de 1980, e suas diversas versões têm em comum a ênfase na relação não linear entre ciência e tecnologia, além da concepção da necessidade de interação entre múltiplos atores e instituições em momentos históricos e contextos sociais específicos (Velho, 2004).

Segundo Godin (2007), na literatura sobre SNIs, são encontrados dois grandes grupos de autores. O primeiro grupo, que tem em Richard Nelson (1993) seu expoente mais representativo, vem orientando seus estudos para a análise de instituições e a descrição de como os países organizaram seus respectivos sistemas de inovação. O segundo grupo de autores, representados por Lundall (1992), enfatiza em suas análises o processo de aprendizagem e novos conhecimentos possibilitados pelas interações entre diversos atores e instituições do sistema de inovação.

Assim é que, em Nelson (1993), o sistema nacional de inovação é definido como "um conjunto de instituições cujas interações são determinantes na capacidade de inovar das firmas". Para Lundvall (1992), esse sistema é entendido mais como um conjunto de elementos e relações que interagem na produção, na difusão e na aplicação de novos conhecimentos (Godin, 2007). Nessa perspectiva, a aprendizagem coletiva – um dos benefícios resultantes da interação dos diversos agentes – é considerada motor da inovação, principalmente em economias intensivas em conhecimento.

Enquanto o foco de análise dos autores mencionados anteriormente tem sido a firma enquanto centro de produção e difusão da inovação, o modelo de tríplice hélice recoloca o papel das universidades na sociedade do conhecimento também como *locus* onde a inovação pode ocorrer (Etzkowitz e Leydesdorff, 2000). Um dos argumentos presentes nesse modelo é o das sobreposições entre relações e arranjos institucionais entre universidades, indústrias e governo. Os três estágios do modelo de tríplice hélice apresentado por Etzkowitz e Leydesdorff (2000) representam relações estabelecidas entre Estado, empresas e mundo acadêmico, em diferentes momentos dos sistemas produtivos nacionais.

FIGURA 1
Estágios da tríplice *hélice*



Fonte: Etzkowitz e Leydesdorff (2000).

O modelo de tríplice hélice – nas três configurações ou estágios propostos – busca dar conta das especificidades das formas de relações entre universidades, empresas e órgãos governamentais assumidas em diversos contextos históricos. Esses estágios representam tipos ideais de relações entre as intuições e os atores; na realidade, elementos ou traços dos três estágios podem ser encontrados em sistemas de inovação considerados avançados.

Na primeira configuração do modelo da tríplice hélice, a relação entre empresas e instituições de ciência e tecnologia (ICTs) é subordinada à ação do Estado. Essa forma de relacionamento – em que o Estado condiciona a configuração das relações entre as empresas e o mundo acadêmico – foi típica de países da antiga União Soviética e do Leste Europeu, nas décadas de 1960 e 1970. Entretanto, formas semelhantes, em que as relações entre empresas e centros de pesquisas são fortemente influenciadas por políticas públicas, aparecem em maior ou menor grau em economias contemporâneas.

No estágio II, o processo de interação entre as instâncias referentes ao Estado, à academia e às empresas ocorre sem subordinação a uma dessas instâncias. Esse estágio é considerado um avanço em relação ao estágio anterior, em que a predominância do Estado foi avaliada como inibidora de iniciativas inovadoras por parte das empresas e do mundo acadêmico. No estágio II, o Estado tem sua influência reduzida e as interações são limitadas, na medida em que estão circunscritas às esferas, às características e ao *modus operandis* das instituições do sistema de inovação. A principal crítica ao estágio II refere-se à reduzida interação e à ausência de instituições mediadoras ou de interposições entre as entidades deste sistema.

O estágio III da tríplice hélice é entendido como a forma de interação capaz de englobar a complexidade do sistema de inovação em economias através das múltiplas interações e interposições. As interações entre diversas instituições

(universidades; empresas incubadas; alianças estratégicas entre firmas de diferentes escopos, segmentos e nível de desenvolvimento tecnológico; parques tecnológicos; laboratórios governamentais e de empresas; e grupos de pesquisa acadêmicos e organizações representativas das empresas) atuam no sentido de criar ambiente inovador em constante transição.

As fontes de inovação em estágio mais desenvolvido da configuração da tríplice hélice não têm um ponto inicial, no sentido de ordem predeterminada, como seria, por exemplo, no modelo linear. Ao contrário, são as novas situações e desafios gerados a partir do processo de interação entre os diversos participantes da rede é que vão indicar o fluxo e a configuração dos sistemas de inovação em seus diversos níveis (interorganizacionais, locais, regionais, nacionais e multinacionais). O argumento central dessa abordagem é que – para dar conta da complexidade do conhecimento – os sistemas de inovação estão sempre em transição, o que exige processo de aprendizagem contínuo.

Em que pese à diferença de abordagens dos autores que tratam de redes e sistemas nacionais de inovação, encontramos uma lógica comum na construção desse referencial. Em primeiro lugar, a abordagem de SNI tem origem comum no debate sobre defasagem tecnológica e competitividade observada entre países. As análises das instituições, assim como as relações estabelecidas entre estas, ofereciam instrumental teórico para explicar as disparidades tecnológicas e o desempenho econômico entre Europa, Estados Unidos e Japão, no período pós Segunda Guerra Mundial (Freeman *apud* Godin, 2007).Outra dimensão comum subjacente à abordagem sistêmica diz respeito ao entendimento da inovação como processo que envolve múltiplas interações, e não como processo linear sequencial com origem no conhecimento gerado na academia e depois transformado e apropriado pelas atividades produtivas. Ao tratar a inovação como fruto de múltiplas determinações e aprendizados, a literatura sobre sistema de inovação aponta a necessidade de construção de parcerias entre os atores e as instituições do sistema.

Essa dimensão se torna mais relevante quando o conceito de inovação vai, no decorrer do tempo, se ampliando para além da ideia de geração de novos produtos e processos, e incorpora aspectos referentes ao modelo de negócios, mudanças organizacionais, *design*, entre outros. Nesse novo paradigma da inovação aberta, reforça-se a necessidade de ampliação das redes e parcerias, não apenas entre instituições de determinado sistema de inovação, mas também entre diversos sistemas de produção e aplicação de conhecimento, sejam nacionais, regionais, locais ou setoriais.

A terceira dimensão comum, subjacente aos estudos que adotam a abordagem sistêmica, é a necessidade de pensar as relações entre instituições e atores de forma histórica e socialmente contextualizada. Nessa perspectiva, as parcerias entre os agentes são socialmente construídas em contextos históricos específicos. Essa visão

aponta para a necessidade de conhecer os contextos históricos em que sistemas locais, regionais e nacionais foram construídos e se articularam para a produção de conhecimento, tecnologias e inovações.

Neste texto, partimos do pressuposto de que a infraestrutura laboratorial constitui parte fundamental do sistema nacional de inovação em P&G e argumentamos que, para melhor caracterizar a infraestrutura de pesquisa de determinado setor, é necessário conhecer a constituição do sistema. Neste sentido, a infraestrutura de pesquisa de petróleo e gás natural será analisada tendo como quadro de referência o conjunto de instituições e normas do sistema de inovação em P&G no país. A próxima seção apresenta as etapas históricas de formação do sistema, apontando o papel singular da Petrobras em sua constituição.

3 FORMAÇÃO DO SISTEMA DE INOVAÇÃO EM PETRÓLEO E GÁS NATURAL

Como foi comentado, o processo de formação do sistema de inovação do setor de P&G no Brasil – ocorrido durante a segunda metade do século passado – seguiu o modelo de gestão tecnológica da Petrobras, detentora do monopólio da cadeia produtiva no setor desde sua criação, em 1953, até 1995. Nesse último ano, foi aprovada a Emenda Constitucional (EC) nº 9/1995, que eliminou o monopólio da Petrobras e liberou a participação de empresas privadas e estatais na cadeia produtiva do setor de petróleo. Entre aqueles anos, as atividades de PD&I no setor avançaram segundo as necessidades tecnológicas dessa empresa, especialmente as relacionadas à exploração de petróleo em águas profundas e ultraprofundas[5] e à produção de derivados de petróleo.

Passados quase vinte anos da abertura do setor de petróleo a empresas nacionais e estrangeiras, a expressiva presença da Petrobras no setor petrolífero nacional continua influenciando, de forma preponderante, a expansão do sistema de inovação em P&G. Esse fato decorre de dois fatores básicos: a condição da companhia como produtora hegemônica de petróleo do Brasil, com 93% do total produzido em terra e mar, e por ser responsável por 95% dos dispêndios em PD&I na área de exploração e produção (E&P) de petróleo, conforme a cláusula de exigência de investimentos em pesquisas da ANP.[6] Além disso, a empresa é detentora de volumosas reservas no pré-sal, que constituem um polo de atração de centros de pesquisa de empresas multinacionais provedoras de serviços para a exploração e a produção de petróleo, que estão se instalando no Parque Tecnológico da Ilha do

5. As medidas de profundidade no mar são definidas em três níveis: águas rasas (até 300 m); *águas profundas* (entre 300 m a 1.500 m); e águas ultraproprofundas (a partir de 1.500 m) (Morais, 2013).

6. De acordo com a cláusula de investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D), nos contratos de exploração e produção (E&P) de petróleo entre a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e as empresas petroleiras, as empresas detentoras de campos de petróleo ou gás com alta produção – definidos no Decreto nº 2.705/1998 – devem investir 1% do valor da produção em pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) (ANP, 2014a; 2014b).

Fundão, no Rio de Janeiro – onde se situa o Cenpes –, e em outros estados, para o atendimento das demandas tecnológicas da Petrobras e das demais empresas petroleiras que atuam em águas profundas e no pré-sal.

Nas próximas duas seções, discutem-se, brevemente, os antecedentes da formação do sistema setorial de inovações em P&G; as seções seguintes analisam a formação do sistema e o surgimento de novas instituições e empresas que passaram a participar deste.

3.1 A Petrobras e a formação do sistema de inovação em P&G

Os antecedentes do sistema de inovação do setor de petróleo encontram-se na criação, pela Petrobras, em 1955, do Centro de Aperfeiçoamento e Pesquisas de Petróleo (Cenap), instalado na antiga Universidade do Brasil (atual Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ). O Cenap iniciou as primeiras pesquisas científicas na Petrobras para apoio à refinação de petróleo, implantou cursos de capacitação de recursos humanos para a operação das refinarias e inaugurou o processo de interação da Petrobras com as universidades, por meio de convênios para a formação de cursos de capacitação (Morais, 2013, p. 57).

Após cinco anos de operação do Cenap, verificou-se, no início da década de 1960, que as atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D) voltadas à E&P de petróleo ainda se encontravam extremamente defasadas, diante do grande desenvolvimento que então se verificava nas explorações de petróleo no Golfo do México (Williams, 1967). Com o objetivo de aproximar a Petrobras do que se fazia no mundo em atividades de P&D em petróleo, foi criado, em 1963, o Cenpes, dedicado exclusivamente a pesquisas de petróleo, que permitiu separar as atividades de pesquisa das de ensino, que se encontravam reunidas no Cenap. Com essa concepção básica, o Cenpes começou a funcionar, em janeiro de 1966, no *campus* da UFRJ, na Praia Vermelha, Rio de Janeiro. A interação com as universidades seria condição essencial para o início do processo de geração de tecnologias para águas profundas que a Petrobras empreenderia, a partir da segunda metade da década de 1980.

Antes de iniciar o processo de geração de tecnologias próprias, verificou-se importante período de experimentações tecnológicas na Petrobras, de 1974 a 1983. Entre esses anos – pressionada pelos elevados gastos com as importações de petróleo e combustíveis, após as duas crises mundiais do petróleo (1973 e 1979) –, a Petrobras acelerou as atividades de exploração na Bacia de Campos, que resultaram na descoberta de 22 acumulações de petróleo em águas rasas dessa bacia, das quais dezesseis foram transformadas em campos de petróleo, isto é, com todos os investimentos necessários. Naquele período, a Bacia de Campos tornou-se um grande campo de experimentações na exploração e na produção de petróleo,

por meio de processos de *learning by doing*, uma vez que as equipes que se ocuparam da instalação e da operação das primeiras plataformas e equipamentos submarinos nos campos desenvolvidos não tinham tido experiência em campos de petróleo em outras regiões petrolíferas.

Ao final daquele período (1983-1985), o relacionamento entre a Petrobras e seus parceiros começou a mudar, por meio da implantação de campos mais complexos, situados em águas mais profundas – a exemplo dos campos de Corvina, em 1983, com 225 metros de profundidade de água; de Piraúna, em 1983, com 293 metros; e de Marimbá, em 1985, em lâmina d'água de 383 metros. A Petrobras começou a participar da geração de conhecimentos por meio de acordos de cooperação com parceiros e em atividades tecnológicas mais complexas. Dantas e Bell (2011a) chamam esse curto período de "redes de aprendizado ativo" (Morais, 2013, p. 25).

Em seguida, a descoberta de campos de petróleo em águas profundas da Bacia de Campos, no período 1984-1985, acima de 400 m de lâmina d'água (Campos de Albacora e Marlim), passou a demandar a geração de novas tecnologias. Em face da urgência de aumentar a produção para diminuir a dependência das importações de petróleo, a Petrobras tomou a decisão de desenvolver os novos campos em águas profundas por meio da realização de esforços cooperativos com universidades, instituições de pesquisa e empresas fornecedoras de equipamentos e serviços. Essa decisão iria constituir-se no primeiro passo para a formação de um sistema nacional de inovação em P&G, ao envolver diversos participantes nas iniciativas necessárias ao desenvolvimento de tecnologias para possibilitar a produção nos novos campos de petróleo. No período que começa em 1986, começaram a ser adensadas as redes de conhecimento que compõem o sistema setorial de inovações.[7]

Para levar avante a nova etapa de inovações, foi elaborado pelo Cenpes e pelos departamentos técnicos da Petrobras, em 1985, um conjunto de projetos de pesquisa voltados ao incremento da capacidade técnica para a produção de petróleo e gás natural em águas com profundidade de até 1.000 m. Essa agenda constituiu a base para o lançamento do Programa de Capacitação Tecnológica para Águas Profundas (Procap 1.000), em 1986. O programa introduziu novas práticas e procedimentos para melhorar o compartilhamento do aprendizado e do conhecimento no interior da Petrobras, integrou diferentes departamentos para objetivos comuns e estabeleceu novas modalidades de colaboração com instituições de pesquisa e empresas fornecedoras de bens e serviços. Esse conjunto de ações

7. Redes de conhecimento podem ser definidas como "arranjos envolvendo atores com diferentes capacitações, interessados em fluxos de conhecimentos e a coordenação de aprendizado e a inovação; envolvem a aquisição, combinação, geração, troca e a transferência de formas de conhecimento complementares e heterogêneas" (Orsenigo *et al.*, 2001 *apud* Dantas e Bell, 2011a).

levou as atividades de P&D da companhia a um novo patamar de colaboração com os demais entes do sistema de inovação em P&G (Morais, 2013, p. 141).

O Procap 1.000 foi formado por 109 projetos multidisciplinares e executado de 1986 a 1991. A Petrobras contratou empresas industriais locais e firmas de engenharia no exterior, em parcerias que procuravam absorver conhecimentos para o desenvolvimento de uma grande plataforma semissubmersível de produção de petróleo e equipamentos de produção submarina. As universidades e os centros de pesquisa participaram, ao lado do Cenpes, principalmente do atendimento das demandas da Petrobras relativas a conhecimentos científicos necessários ao desenvolvimento dos projetos.

Ao ser concluído o Procap 1.000, em 1991, cinco anos depois de lançado, um grande número de empresas fornecedoras, firmas de engenharia, universidades e instituições de pesquisas tinha sido envolvido nos esforços tecnológicos para o desenvolvimento de inovações para águas profundas. O Procap 1.000 constituiu-se, portanto, no embrião do sistema nacional de inovação em petróleo. O relançamento desse programa, em duas edições posteriores (1992 e 2000), e a criação de outras instituições relacionadas ao petróleo, após a abertura do setor, em 1995, deram consistência e dimensão ao sistema setorial de inovações, como se analisa a seguir, mas ainda sob a égide da Petrobras liderando o processo de formação do sistema de inovação em P&G.

Com as descobertas, no período 1986-1987, de novos campos em águas acima de 1.000 m de profundidade no mar (campos de Albacora Leste e Marlim Sul), uma nova fase de pesquisas foi iniciada para possibilitar o desenvolvimento de inovações e soluções técnicas requeridas pelas explorações e pela produção de petróleo àquelas profundidades, além de reduzir os custos de produção dos campos que operaram na fase de aplicação do Procap 1.000. Com esse amplo objetivo, a Petrobras aprovou, em setembro de 1992, a criação do Procap 2.000, constituído de vinte projetos sistêmicos de P&D, a serem desenvolvidos a partir daquele ano.

O Procap 2.000 deu continuidade à fórmula adotada no Procap 1.000 – isto é, o desenvolvimento de tecnologias por meio da ampliação da rede de instituições parceiras da Petrobras, no Brasil e no exterior, para a absorção de tecnologias ainda não dominadas e o acompanhamento do estado da arte mundial em plataformas, equipamentos e sistemas de produção de petróleo. As parcerias e as contratações de projetos pela Petrobras e pelo Cenpes foram realizadas com 66 empresas de engenharia e consultoria e 33 universidades e centros de pesquisas; números superiores aos registrados no Procap 1.000 (Freitas, 1993[8] *apud* Ortiz Neto, 2006).

8. FREITAS, A. G. **Capacitação tecnológica em sistemas de produção para águas profundas**: o caso da Petrobras. 1993. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1993. 180 p.

A continuação de descobertas, na década de 1990, de jazidas de petróleo em águas cada vez mais profundas trouxe novos desafios tecnológicos para a Petrobras. Para viabilizar a produção nessas áreas, o Cenpes deu início, em 2000, à terceira fase do programa de desenvolvimento tecnológico para águas profundas (Procap 3.000).

Com a terceira fase do Procap, a Petrobras objetivava ampliar as tecnologias nas quais vinha investindo desde o Procap 1.000 e o Procap 2.000, e desenvolver um conjunto de novas e complexas tecnologias, além de buscar a redução de custos dos campos em produção (Assayag, Formigli e Coelho, 2000; Ortiz Neto, 2006). O custo do projeto foi estimado em US$ 130 milhões e envolveu a participação de 350 técnicos da companhia.

Um balanço recente do Procap 3.000, de 2000 a 2010, indica que foram realizados pelo Cenpes 802 contratos e aditivos, sendo 314 com 119 empresas e 488 com 58 instituições de ciência e tecnologia. A carteira de contratos ampliou-se muito, até 2006, mas foi se restringindo até 2010, com a aproximação do fim do programa, em 2011. Os números mostram o aumento significativo da cooperação entre a Petrobras e as ICTs.

Uma síntese das três versões do Procap indica algumas realizações tecnológicas importantes para o aumento das reservas e da produção de petróleo da Petrobras (2005).

1) O início da produção do grande campo de Marlim, em 1991, por meio de poço localizado sob 721 metros de lâmina d'água, que alcançou recorde mundial na produção submarina de petróleo. Esta realização proporcionou à Petrobras, em 1992, o maior prêmio internacional na área petrolífera, oferecido pela Offshore Technology Conference, de Houston, que reúne as maiores associações empresariais e técnico-científicas mundiais dedicadas à área de petróleo.

2) O desenvolvimento do campo gigante de Roncador – completado em tempo recorde de 27 meses, desde a descoberta até o início da produção, em 1999 –, que bateu o recorde mundial em profundidade de produção de petróleo no mar (1.877 metros), cujas inovações tecnológicas deram à Petrobras, pela segunda vez, aquele prêmio internacional.

3) A geração, ao longo das décadas de 1980 a 2000, de dezenas de inovações fundamentais para a produção marítima de petróleo, algumas com caráter radical, adotadas por várias petroleiras multinacionais.

A formação do sistema nacional de inovação em petróleo iria ser complementada, a partir de 1997, pela Lei do Petróleo, que regulamentou a reforma constitucional do setor de petróleo, em 1995, e criou a ANP, além do surgimento de outras instituições, como se discute a seguir.

3.2 Adensamento do sistema de inovação em P&G e ampliação das suas redes de conhecimento (2007-2013)

No período 1997-2013, ocorreram três fatos importantes no processo de estruturação do sistema de inovação em P&G: a criação da ANP, em 1997, e do CT-Petro, em 1998, bem como a adoção das Redes Temáticas pela Petrobras, em 2006.

3.2.1 Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

A ANP foi instituída pela Lei nº 9.478/1997, que regulamentou a EC nº 9/1995, a qual flexibilizou o monopólio da União sobre o setor de petróleo. A agência é encarregada – entre outras atribuições – de executar a política nacional do petróleo, regular e fiscalizar as atividades da indústria do petróleo, bem como realizar os leilões de áreas para a exploração de petróleo, sob os regimes de concessão – nas áreas fora do pré-sal – e partilha de produção – na área geológica do pré-sal e em áreas estratégicas, de acordo com a Lei nº 12.351/2010, que criou este novo regime de contratação de empresas para a exploração de petróleo.

Entre as atribuições da ANP, encontra-se a administração da cláusula de investimento em P&D, pela qual as empresas com contratos de concessão de áreas para a E&P de petróleo devem investir em atividades de P&D o valor correspondente a 1% da receita bruta da produção dos campos com alta produção.[9] Desse valor obrigatório, 50%, pelo menos, devem ser investidos na contratação de projetos ou programas em universidades e institutos de pesquisa previamente credenciados pela ANP.[10] Adicionalmente, a partir da 11ª rodada de licitações de áreas de exploração de petróleo (maio de 2013), além da destinação mínima de 50% para institutos de pesquisas nacionais, foi adicionada a obrigatoriedade de que pelo menos 10% dos recursos sejam aplicados em atividades de PD&I nas empresas fornecedoras de equipamentos e serviços para as petroleiras, com vistas ao aumento da capacitação dessas empresas e à ampliação da oferta de bens com maior conteúdo local. Portanto, a destinação dos recursos para P&D passou a incluir também a inovação.

A exigência de dispêndios em PD&I das empresas petroleiras adicionou um componente importante na consolidação dessas atividades na Petrobras e nas demais petroleiras que desenvolvem atividades de produção de petróleo no Brasil, ao agregar ao sistema setorial de inovação grande número de universidades e ICTs para desenvolverem as atividades de PD&I requeridas. Até setembro de 2014, 354 unidades de pesquisa – pertencentes a 73 universidades e centros de pesquisa – receberam a aprovação da ANP para realizar pesquisas para as empresas petroleiras.

9. Isto é, campos que recolhem o encargo participação especial, que incide sobre a produção líquida de petróleo de campos com alta produção, conforme critérios definidos no Decreto nº 2.705/1998.

10. As normas para o cumprimento das despesas com PD&I, por rodada de licitação, nos campos com alta produção estão definidas no Regulamento Técnico ANP nº 5/2005.

De 2006 a setembro de 2014, a agência autorizou a realização de 1.235 projetos de pesquisas para as petroleiras Petrobras (1.156 projetos), British Gas (30), Statoil (13) e Repsol (9), bem como para outras nove petroleiras.

A principal instituição beneficiada com recursos para pesquisas foi a UFRJ, que desenvolveu 235 projetos e recebeu R$ 493,7 milhões; a segunda foi a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), com 36 projetos, no valor de R$ 158,4 milhões. No total, as instituições de pesquisa e capacitação de mão de obra receberam R$ 3,91 bilhões, no período de 2006 a setembro de 2014. A Petrobras foi responsável por 94% dos recursos investidos, sendo os demais 6% provenientes das demais empresas petroleiras com obrigatoriedade de aplicação em P&D (ANP, 2014d).

3.2.2 CT-Petro

A concepção dos fundos setoriais de ciência e tecnologia – no final da década de 1990 – representou importante reorientação na política governamental de financiamento e incentivo a projetos de desenvolvimento tecnológico e inovação, com ênfase na interação entre empresas e ICTs. Essa nova orientação teve como base a alocação de fontes de financiamentos estáveis, providas pelos respectivos setores, tais como os recursos advindos de *royalties* do petróleo, de contribuições das empresas sobre o resultado da exploração de recursos naturais pertencentes à União e de proporção do faturamento de empresas beneficiadas pela Lei da Informática, entre outras fontes de recursos. A ideia subjacente a esse modelo de financiamento, além de permitir a continuidade necessária aos desenvolvimentos científico e tecnológico, é a de promover interações entre empresas e instituições, de modo a consolidar sistemas setoriais de inovação.

O Fundo Setorial do Petróleo e Gás Natural foi o primeiro de dezesseis fundos, implementado em 1999, e serviu de modelos aos demais fundos criados nos anos seguintes. O CT-Petro financia projetos geradores de conhecimento científico e tecnológico para a cadeia de P&G, antes realizados primordialmente pela Petrobras. São elegíveis para este fundo as seguintes instituições: *i)* universidades, públicas ou privadas, sem fins lucrativos; *ii)* centros de pesquisa, públicos ou privados, sem fins lucrativos; e *iii)* empresas públicas e privadas em parceria, na condição de parceiras das ICTs, na forma de convênio, para desenvolvimento de novos produtos, processos e serviços de base tecnológica.

Uma avaliação dos fundos setoriais realizada pelo Ipea[11] aponta que, no período 1999-2008, foram realizados doze editais do CT-Petro e 21 editais transversais – isto é, em parceria com outros fundos, tendo sido aprovados 1.228 projetos. Destes, 12%, ou seja, 143 projetos, foram executados com a participação de empresas,

11. Elaborado pela pesquisadora Hérica Morais Righi e pela equipe de estatísticos do Ipea.

posicionando-se a Petrobras com o maior número de projetos e o maior volume de recursos captados (30,0%). A ANP é a segunda em termos de recursos captados (24,6%), com três projetos aprovados.

O CT-Petro, enquanto instrumento de fomento para o desenvolvimento de novas tecnologias e a formação de recursos humanos orientados para pesquisas de fronteira no setor de P&G, apresentou papel relevante na configuração do sistema de inovação setorial, até 2013. Em 2014, o fundo perdeu sua fonte de recursos, constituída por parte dos *royalties* do petróleo, uma vez que os recursos da União desta origem serão destinados à educação e à saúde, de acordo com a Lei nº 12.858, de setembro de 2013.

3.2.3 Redes temáticas

O Procap 3.000 estava em execução, em 2006, quando foi descoberta a primeira jazida de petróleo no pré-sal, a acumulação de Tupi (atual Campo de Lula), à profundidade de mais de 2.100 m de lâmina d'água. A descoberta desse campo supergigante (isto é, com mais de 5 bilhões de barris de óleo e gás natural) e das demais jazidas que se seguiram no pré-sal, com suas complexidades geológicas, além da necessidade de aplicações mínimas em P&D em contrato com a ANP, exigiram da Petrobras a reformulação das estratégias de gestão tecnológica até então adotadas. Com esses objetivos, foi definido pela companhia um novo modelo de parcerias com as ICTs, pelo qual cada centro de pesquisas conveniado fica encarregado de um tema e forma uma rede com a Petrobras e com universidades e ICTs. Por meio do modelo de redes temáticas, estão sendo reunidos em torno da Petrobras as competências e as especializações em petróleo existentes nas universidades e em centros de pesquisa do país.

Para a formação das redes temáticas, foram identificados os *temas estratégicos* na cadeia de P&G, em cinco áreas de concentração: exploração; produção; abastecimento; gás natural, energia e desenvolvimento sustentável; e gestão tecnológica. As P&D concentra-se em temas estratégicos constantes destas áreas, como perfurações de poços, nanomateriais, análises das rochas constituintes dos reservatórios do pré-sal, biocombustíveis, preservação ambiental, mudanças climáticas, entre outros, com o fim de encontrar as soluções tecnológicas requeridas por cada área. Para promover a implantação ou a reforma das infraestruturas de laboratórios, a Petrobras vem repassando recursos a universidades e centros de pesquisa encarregados de desenvolver as pesquisas, com mais de setenta instituições beneficiadas até 2013.

Outro braço da atual expansão do Sistema Setorial de Inovação em Petróleo e Gás, que tem como polo aglutinador as necessidades de novos conhecimentos da Petrobras para o pré-sal, encontra-se nas grandes empresas provedoras de serviços para as empresas petroleiras. As empresas (Schlumberger, Baker Hugues,

Halliburton, FMC Technologies, Usiminas, Tenaris Confab, General Electric e outras) encontram-se, desde 2010, instalando centros de P&D no *campus* da UFRJ, junto ao Cenpes, e em outros locais.

4 ANÁLISE DA INFRAESTRUTURA DE LABORATÓRIOS DO SETOR DE PETRÓLEO E GÁS NATURAL

A análise da formação histórica do sistema setorial de inovação de petróleo e gás natural no Brasil, apresentada na seção 2, mostrou que o sistema foi constituído de forma centralizada, por meio de empresa monopolista, a Petrobras, que comandou, até a abertura do setor de petróleo, na segunda metade da década de 1990, as ações de desenvolvimento tecnológico e as pesquisas nesse setor. Atualmente, com as redes temáticas, a empresa continua como a principal formadora do perfil de redes que o sistema de inovação em P&G vem assumindo no Brasil.

Mesmo tendo se expandido sob o comando de apenas uma empresa, o sistema de inovação em P&G adquiriu consistência e desenvolveu-se graças à forte orientação da Petrobras de investir na geração de tecnologias próprias para possibilitar a produção de petróleo em águas profundas e ultraprofundas e, atualmente, no pré-sal. A partir da abertura do setor, em 1995, e da adoção de novo marco legal (nova Lei do Petróleo), em 1997, e dos financiamentos do CT-Petro, o sistema de inovação em P&G fortaleceu-se e aprofundou-se, com a entrada de novas instituições públicas e dezenas de empresas petroleiras privadas, bem como com a adoção de novas formas de financiamento às empresas e maior número de universidades e centros de pesquisa participantes das atividades de PD&I em petróleo e gás natural.

Assim, nas duas últimas décadas, o sistema de inovação em P&G ampliou-se e consolidou-se em termos de redes de pesquisas, que permitiram significativos avanços tecnológicos. O avanço das redes pode ser visto no crescimento do número de laboratórios, na melhor qualificação dos recursos humanos e na variedade de serviços tecnológicos prestados pelos laboratórios aos diversos segmentos da cadeia de P&G, como se analisa a seguir, por meio dos dados referentes a uma amostra da infraestrutura de pesquisa pública do sistema de inovação do setor de petróleo e gás natural.

A base de dados da infraestrutura de laboratórios de P&G é parte integrante de amplo projeto desenvolvido pelo CNPq, em 2013, em parceria com o MCTI e o Ipea, voltado ao levantamento de dados sobre a infraestrutura de pesquisa científica e tecnológica no Brasil. O projeto Mapeamento de Infraestruturas de Pesquisa realizou, em 2013, coleta de dados junto aos coordenadores das mais de 4 mil infraestruturas selecionadas, por meio de formulário informatizado. O ano de referência para as respostas dos coordenadores dos laboratórios incluídos no levantamento foi 2012. Foram obtidas, até dezembro de 2013, respostas

de 2.119 infraestruturas de laboratórios, de 131 diferentes instituições científicas, como universidades e institutos de pesquisa. Após a aplicação de alguns critérios e refinamentos, a base final utilizada para as análises foi composta de 1.760 infraestruturas de laboratórios. A construção da base global de dados foi feita ao longo do primeiro quadrimestre de 2014 (Squeff e De Negri, 2014). Na área de petróleo e gás natural, foram identificados três segmentos principais para os quais os laboratórios prestam serviços de pesquisas: extração de P&G; atividades de apoio à extração; e fabricação de produtos derivados do petróleo, no total de 117 infraestruturas que responderam ao questionário. Entre essas infraestruturas, duas são estação ou rede de monitoramento e uma consistia de planta ou usina-piloto. As respostas das 117 infraestruturas ao projeto deram origem às tabelas e aos gráficos a seguir analisados.

4.1 Caracterização dos laboratórios

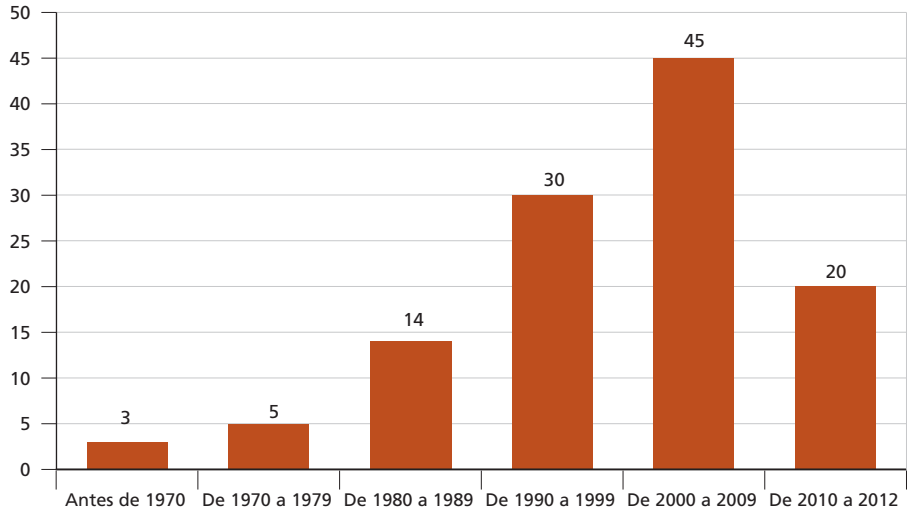
4.1.1 Início de operação dos laboratórios

O gráfico 1 mostra os períodos em que as 117 infraestruturas iniciaram suas operações. Observa-se que o surgimento de novos laboratórios vem apresentando firme crescimento, desde a década de 1980. Não obstante haver – além da Petrobras – diversos participantes no mercado com demandas tecnológicas aos laboratórios, pode-se argumentar que o processo de expansão dos laboratórios encontra parte importante de sua explicação na ampliação das demandas tecnológicas da Petrobras. O perfil das demandas da empresa direciona-se cada vez mais para a cooperação em redes, como foi analisado na seção anterior, em apoio tanto à produção de petróleo em condições cada vez mais complexas no mar quanto ao crescimento da produção de combustíveis e sua diversificação. Nesta segunda atividade, a maior demanda por pesquisas acompanha as maiores exigências ambientais na queima de combustíveis fósseis (diminuição dos níveis de enxofre e do gás carbônico) e as tendências tecnológicas no refino, com novos combustíveis menos poluentes (biodiesel, diesel H-bio, bio-óleo, bioetanol e etanol), que intensificam as demandas da Petrobras aos laboratórios (Morais, 2013, p. 353-361).

Observa-se no gráfico 1 que a implantação de novos laboratórios continuou nos anos mais recentes da série – no período 2010-2012 –, que foram, proporcionalmente, os mais produtivos na criação de novos laboratórios, com a média de quase sete novas unidades implantadas por ano. Este resultado pode ser decorrente das novas e intensas demandas de conhecimentos que os campos de petróleo no pré-sal vêm apresentando e da política da Petrobras de incorporar novos parceiros tecnológicos às suas redes de pesquisas.[12]

12. Conforme os dois relatórios de pesquisas que a Petrobras apresentou sobre as novas tecnologias em desenvolvimento para a exploração e a produção no pré-sal e em águas profundas (Petrobras, 2012; 2013).

GRÁFICO 1
Início de operação dos laboratórios (1970-2012)

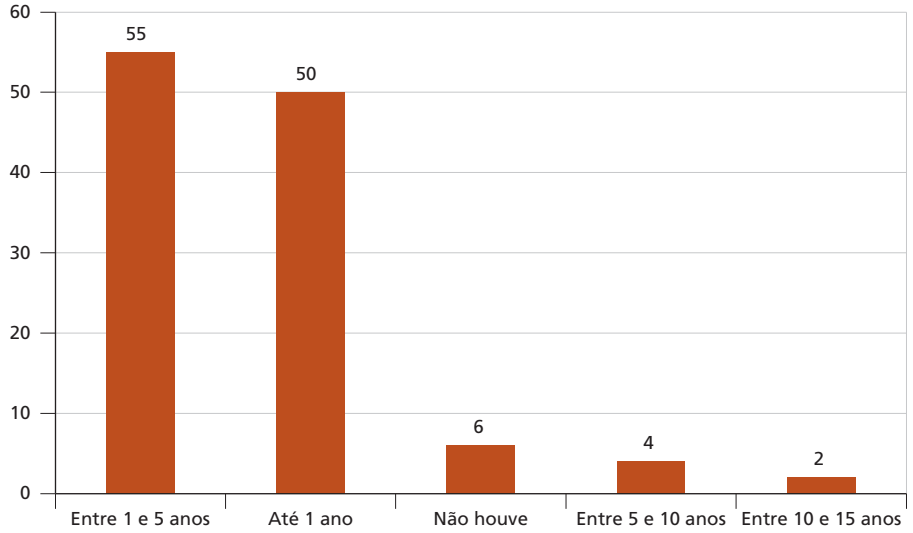


Fonte: MCTI, CNPq e Ipea.

4.1.2 Período de modernização

As informações do gráfico 2 confirmam as datas recentes de renovação dos laboratórios dedicados à P&D na área de petróleo e gás natural: 90% das 117 infraestruturas que responderam à pesquisa realizaram modernização dos equipamentos ou dos seus laboratórios nos últimos cinco anos, até 2012, e 43% até um ano antes. Os resultados apresentam coerência com os desenvolvimentos que vêm ocorrendo no setor de petróleo após 2006 – isto é, com as descobertas no pré-sal, suas demandas de novos conhecimentos e as remessas de recursos da Petrobras para a implantação ou a modernização dos laboratórios que se integram às suas redes temáticas (Morais, 2013, p. 238-248). No caso geral, considerando-se todos os setores analisados no Projeto de Mapeamento de Infraestruturas, a modernização nos últimos cinco anos atingiu percentual menor de laboratórios – isto é, 70% –, o que indica a maior intensidade de modernização dos laboratórios voltados ao setor de P&G .

GRÁFICO 2
Período de modernização dos equipamentos ou de toda a infraestrutura dos laboratórios – entre 1 a 15 anos



Fonte: MCTI, CNPq e Ipea.

4.1.3 Financiamentos

Conforme mostra a tabela 1, a Petrobras foi responsável por 57,6% dos financiamentos recebidos pelas infraestruturas laboratoriais; participação superior aos financiamentos fornecidos por entidades financiadoras governamentais, que também se encontram na tabela. Esse resultado, como foi comentado, resulta da política de investimentos em tecnologia da Petrobras, que optou por modelo de ampliação das redes de laboratórios que lhe prestam serviços de pesquisas, por meio da transferência de recursos para a renovação ou a implantação de novos laboratórios nas universidades e em ICTs.

TABELA 1
Financiamentos recebidos, por entidade financiadora (2012)

Entidade financiadora	Número de infraestruturas	Valor recebido (R$ milhões)	Participação (%)
Petrobras	59	175,3	57,6
Própria instituição	31	38,1	12,5
Empresa privada	29	29,9	9,8
Finep[1]	25	17,5	5,7
Fundo Estadual de Amparo	36	11,1	3,6
Prestação de serviços	22	8,8	2,9
CNPq	47	7,3	2,4
Outra	8	6,9	2,3
Outra instituição pública	3	5,3	1,7
Capes[2]	32	3,3	1,1
Outra empresa pública	4	1,3	0,4
Total	**296**	**304,5**	**100,0**

Fonte: MCTI, CNPq e Ipea.
Nota: [1] Financiadora de Estudos e Projetos.
[2] Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

O valor total dos financiamentos recebidos pelos laboratórios de petróleo e gás natural (R$ 304,5 milhões) pode ser comparado com os valores recebidos pelas infraestruturas laboratoriais dos demais setores analisados pelo projeto Mapeamento de Infraestruturas de Pesquisa, que se encontram na tabela 2. Como se observa, o setor de P&G foi o segundo maior em valor total de financiamentos recebidos, após o setor de ciências da saúde. Em valores médios, foi também o segundo, após o setor de defesa.

TABELA 2
Infraestruturas: valor dos financiamentos recebidos, por setor (2012)

Setor	Número de infraestruturas	(%)	Valor recebido (R$ milhões)	(%)	Valor médio do financiamento
Ciências da saúde	967	29,7	351,7	21,0	363,7
P&G	296	9,1	304,5	18,2	1.028,7
Aeronáutico	401	12,3	232,6	13,9	580,0
Construção civil	378	11,6	228,3	13,6	604,0
TICs[1]	348	10,7	210,2	12,5	604,0
Energias renováveis	256	7,9	204,9	12,2	800,4
Ciência agrárias	589	18,1	106,2	6,3	180,3
Defesa	24	0,7	38,0	2,3	1.583,3
Total	**3.259**	**100,0**	**1.676,4**	**100,0**	**514,4**

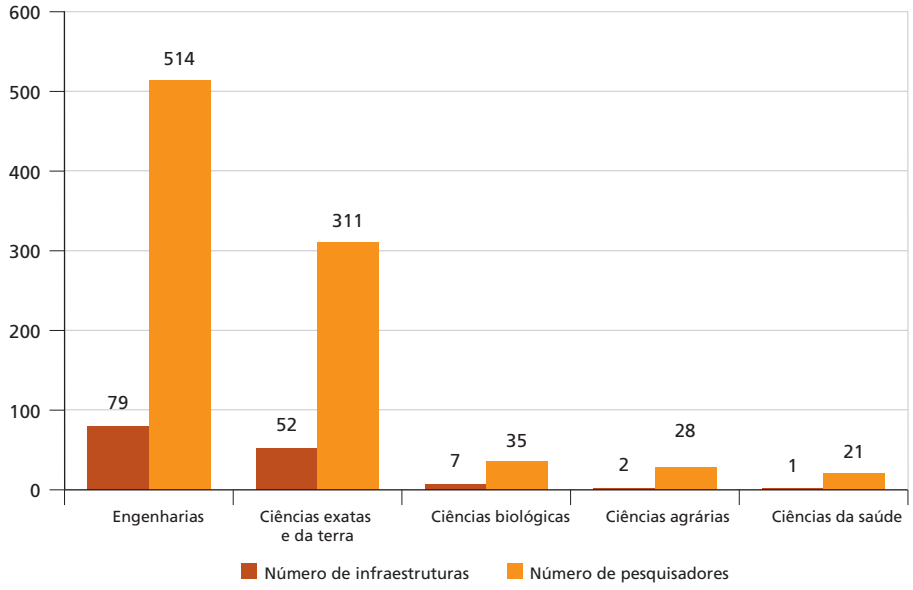
Fonte: MCTI, CNPq e Ipea.
Nota: [1] Tecnologia de informação e comunicação.

4.1.4 Grandes áreas do conhecimento

Em relação às grandes áreas do conhecimento em que operam os 117 laboratórios, verifica-se, no gráfico 3, que suas infraestruturas se concentram nas áreas de engenharias (79) e de ciências exatas e da terra (52), na proporção de 92,9%. Isso resulta dos próprios temas de pesquisa do setor de petróleo, que demandam conhecimentos destas grandes áreas científicas, como são os casos dos métodos sísmicos e geológicos, da química do petróleo, dos dados geofísicos de poços de petróleo, dos sistemas submarinos de produção, da geração de biocombustíveis, entre outros. Observe-se que, como foi possibilitado aos respondentes indicar mais de uma grande área, a soma total das grandes áreas ultrapassa o total de infraestruturas (117).

Também o número de pesquisadores (514 e 311), no gráfico 3, se concentra, em 90,7%, naquelas duas grandes áreas. A quantidade de pesquisadores que aparece no gráfico é maior que o número físico dos pesquisadores nos 117 laboratórios (tabela 3), uma vez que muitos executam atividades tanto na área de engenharias como na de ciências exatas e da terra – o registro do número de pesquisadores não foi realizado por meio de resposta do próprio pesquisador, mas a partir da grande área em que ele está alocado.

GRÁFICO 3
Distribuição de infraestruturas e número de pesquisadores por grandes áreas do conhecimento



Fonte: MCT, CNPq e Ipea.

4.1.5 Distribuição regional das infraestruturas e dos pesquisadores

A distribuição regional das infraestruturas, da área física instalada e do número de pesquisadores encontra-se na tabela 3. As três variáveis se concentram no Sudeste; especialmente, a área física das infraestruturas (71,8%). Esse resultado está relacionado à produção do petróleo brasileiro preponderante na região Sudeste, especialmente nas Bacias de Campos e de Santos, que foram responsáveis por 89% da produção brasileira total, em 2013. A infraestrutura de laboratórios no Sudeste desenvolveu-se principalmente em três universidades: na UFRJ, cujos laboratórios da Coope (Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia) se situam perto do Cenpes da Petrobras, observando-se que o primeiro convênio assinado pela Petrobras com uma universidade ocorreu com a Coppe, em 1967, ao qual se seguiu processo intenso de cooperação entre as duas instituições; na Universidade de São Paulo (USP), onde se encontra a grande infraestrutura do Tanque de Provas Numérico; e na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), em que a Petrobras financiou a construção do Centro de Estudos do Petróleo (Cepetro), em 1987.[13] A construção das infraestruturas no Sudeste acompanhou, portanto, as demandas tecnológicas da empresa, de acordo com o aumento da produção no Sudeste.

Confirmando a posição majoritária dos laboratórios localizados no Sudeste, dados da ANP mostram concentração dos recursos obrigatórios em P&D nos laboratórios dos estados do Rio de Janeiro e de São Paulo, que receberam, de 2006 a 2014, 46,3% do total dos recursos (ANP, 2014c).

O segundo lugar em número de laboratórios (21,4%) e em tamanho total da área física (11,9%) cabe aos laboratórios do Nordeste do Brasil. Esses percentuais – quando comparados com o caso geral, em que o Nordeste detém o percentual de 9,7% do número de laboratórios e 6,3% do tamanho total da área física –, refletem a importância que o Nordeste ocupa na produção de petróleo, onde as explorações no Brasil começaram e onde foram descobertas as primeiras jazidas, no período 1939-1941, no Recôncavo Baiano. Refletem também a obrigatoriedade do CTPetro de direcionar 40% dos recursos em projetos no Nordeste.

O número total de pesquisadores da amostra alcança 710, com a concentração de 55,4% deles na região Sudeste e 17,6% no Nordeste. Comparando-se com os dados das 1.760 infraestruturas do mapeamento, observa-se que, no caso geral, 68,3% do total de pesquisadores encontram-se no Sudeste

13. As três universidades participaram com 24 laboratórios, que responderam ao questionário desta pesquisa, sendo dezesseis da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), seis da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e dois da Universidade de São Paulo (USP).

e 9,8%, no Nordeste. Portanto, o maior percentual de pesquisadores do setor de P&G no Nordeste, em relação ao caso geral, acompanha a maior representatividade do número de laboratórios desse setor na região, como comentado anteriormente.

TABELA 3
Número de infraestruturas, total da área física e número de pesquisadores – Grandes Regiões (2012)

Grande Região	Número de infraestruturas	(%)	Área física (m²)	(%)	Área física média (m²)	Número de pesquisadores	(%)
Sudeste	65	55,6	34.544,1	71,8	531,5	393	55,4
Nordeste	25	21,4	5.730,4	11,9	229,2	125	17,6
Sul	22	18,8	5.613,8	11,7	255,2	157	22,1
Centro-Oeste	4	3,4	2.197,8	4,6	549,5	29	4,1
Norte	1	0,8	18,0	0,0	18,0	6	0,8
Total	**117**	**100,0**	**48.104,1**	**100,0**	**1.583,3**	**710**	**100,0**

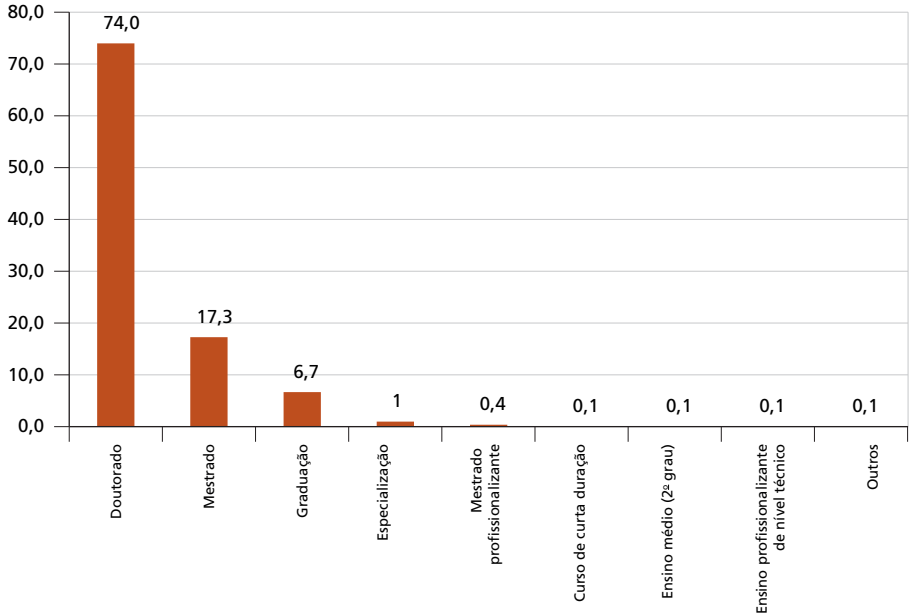
Fonte: MCTI, CNPq e Ipea.

4.1.6 Titulação dos pesquisadores

Dos 710 pesquisadores, 689 responderam sobre sua titulação, conforme se observa no gráfico 4 e na tabela 4. Setenta e quatro por cento possuem doutorado e 17%, o grau de mestre. Esses resultados são equivalentes aos dados gerais de todos os setores do mapeamento, em que o percentual de doutores é de 72% e o de mestres,16%, em média. Se a distribuição for recalculada somente entre mestres e doutores, o percentual de doutores é de 81% e o de mestres, 19%; o elevado número de doutores é, inclusive, superior à participação de doutorados existente no Cenpes da Petrobras, onde o percentual de mestre é de 66% e o de doutores, 34%.

Não se dispõe de dados sobre a especialização dos pesquisadores titulados, mas, sendo a Petrobras a principal demandante de novas pesquisas aos laboratórios, e conhecendo-se as necessidades de novos conhecimentos que a companhia demanda em suas atividades de E&P de petróleo e refino, é possível indicar entre os pesquisadores as especializações prováveis de engenheiros de petróleo, de reservatórios e de avaliação de formações, geofísicos, geólogos, químicos, engenheiros de processamento para refinarias e petroquímicas, entre outras.

GRÁFICO 4
Pesquisadores – por titulação (2012)
(Em %)



Fonte: MCTI, CNPq e Ipea.

TABELA 4
Número de pesquisadores, por titulação (2012)

Titulação máxima	Total	(%)
Doutorado	510	74,0
Mestrado	119	17,3
Graduação	46	6,7
Especialização	7	1,0
Mestrado profissionalizante	3	0,4
Curso de curta duração	1	0,1
Ensino médio (2ª grau)	1	0,1
Ensino profissional de nível técnico	1	0,1
Outros	1	0,1
Total	**689**	**100,0**

Fonte: MCTI, CNPq e Ipea.

4.1.7 Tipo de vínculo

Por tipo de vínculo com a instituição, a tabela 5 mostra que 49,3% dos pesquisadores são funcionários públicos; as demais categorias mais representativas são os celetistas e os bolsistas. Esses resultados são próximos do que ocorre no caso geral, em que 54,3% são compostos por servidores públicos, 22,3%, por celetistas e 14,9%, por bolsistas. A predominância de vínculos na categoria de servidores públicos indica a tendência de carreira estável e com permanência mais longa em uma mesma instituição, uma vez que, contratado por uma universidade, o pesquisador não tende a mudar de instituição.

TABELA 5
Número de pesquisadores, por tipo de vínculo (2012)

Tipo de vínculo	Número	(%)
Servidor público	350	49,3
Celetista	180	25,4
Bolsista	113	15,9
Outro	40	5,6
Pesquisador visitante	27	3,8
Total	**710**	**100,0**

Fonte: MCTI, CNPq e Ipea.

Também o pessoal de apoio técnico nos laboratórios tem vínculo principal como servidor público no percentual de 59,2%, conforme mostra a tabela 6. Observa-se que o número de pessoas de apoio técnico (1.048) supera em 48% o de pesquisadores (710); resultado que difere do caso geral, em que o pessoal de apoio apresenta número menor (5.104) que o total de pesquisadores (8.058).

TABELA 6
Número de pessoas de apoio técnico e administrativo, por tipo de vínculo (2012)

Tipo de vínculo	Número	(%)
Servidor/ funcionário	620	59,2
Prestador de serviço/terceirizado	264	25,2
Outro	164	15,6
Total	**1.048**	**100,0**

Fonte: MCTI, CNPq e Ipea.

4.1.8 Custos operacionais anuais

A tabela 7 mostra a distribuição do número de infraestruturas, segundo os custos anuais em que incorrem para desenvolver suas atividades. Ao serem traduzidos para gastos mensais, verifica-se que 49,6% dos laboratórios têm os custos operacionais,

em média, no valor de R$ 20,8 mil (faixa anual de R$ 200 mil-R$ 300 mil). Os laboratórios com custos anuais acima de R$ 1 milhão representam 31,6% do total de laboratórios.

TABELA 7
Número de infraestruturas, por custos operacionais anuais (2012)

Custos operacionais	Número de infraestruturas	(%)	Acumulada (%)
Até R$ 50 mil	18	15,4	15,4
Acima de R$ 50 mil até R$ 100 mil	17	14,5	29,9
Acima de R$ 100 mil até R$ 150 mil	8	6,8	36,8
Acima de R$ 150 mil até R$ 200 mil	7	6,0	42,7
Acima de R$ 200 mil até R$ 300 mil	8	6,8	49,6
Acima de R$ 300 mil até R$ 500 mil	10	8,5	58,1
Acima de R$ 500 mil até R$ 750 mil	3	2,6	60,7
Acima de R$ 750 mil até R$ 1 milhão	9	7,7	68,4
Acima de R$ 1 milhão até R$ 2 milhões	10	8,5	76,9
Acima de R$ 2 milhões até R$ 5 milhões	9	7,7	84,6
Acima de R$ 5 milhões	1	0,9	85,5
Não é possível estimar	17	14,5	100,0
Total	**117**	**100,0**	**-**

Fonte: MCTI, CNPq e Ipea.

4.1.9 Receitas anuais dos laboratórios

A tabela 8 apresenta as receitas anuais dos laboratórios. Observa-se que 53,8% têm receita anual de até R$ 2 milhões. A mesma informação para o caso geral indica que 62% das infraestruturas apresentaram receita até esse valor. Na faixa superior – isto é, acima de R$ 5 milhões –, os percentuais de laboratórios com essa receita anual foram de 5,1% para P&G e 1,4% no caso geral. Assim, os laboratórios do setor de P&G apresentaram receita mais elevada, em comparação à apresentada no caso geral, o que indica que são estruturas maiores pelo conceito de receita anual. Não obstante, o fato de que somente 5,1% das infraestruturas alcançam porte significativo de receitas indica que a estrutura geral do segmento de laboratórios que prestam serviços de P&D para petróleo e gás natural é formada, em alta proporção, por laboratórios de pequeno porte. Essa condição pode ser decorrente do baixo tempo de atividades de grande parte destes, e porque ainda se encontram em processo de montagem e modernização, como foi mostrado nos gráficos 1 e 2.

TABELA 8
Receitas anuais dos laboratórios (2012)

Receitas anuais	Número de infraestruturas	(%)	Acumulado (%)
Até R$ 50 mil	11	9,4	9,4
Acima de R$ 50 mil até R$ 100 mil	8	6,8	16,2
Acima de R$ 100 mil até R$ 150 mil	5	4,3	20,5
Acima de R$ 150 mil até R$ 200 mil	7	6,0	26,5
Acima de R$ 200 mil até R$ 300 mil	3	2,6	29,1
Acima de R$ 300 mil até R$ 500 mil	9	7,7	36,8
Acima de R$ 500 mil até R$ 750 mil	3	2,6	39,3
Acima de R$ 750 mil até R$ 1 milhão	6	5,1	44,4
Acima de R$ 1 milhão até R$ 2 milhões	11	9,4	53,8
Acima de R$ 2 milhões até R$ 5 milhões	13	11,1	65,0
Acima de R$ 5 milhões	6	5,1	70,1
Não é possível estimar	35	29,9	100,0
Total	**117**	**100,0**	**-**

Fonte: MCTI, CNPq e Ipea.

4.1.10 Valor dos equipamentos

Quanto ao valor dos equipamentos das infraestruturas de P&G, metade destes (49,6%) informou que o valor não excede R$ 1 milhão, conforme a tabela 9. No caso geral, alcançam 77,3% do total os laboratórios cujo valor dos equipamentos não excede R$ 1 milhão. No caso de equipamentos de valor superior a R$ 5 milhões, 17,9% dos laboratórios de P&G possuem tal montante, enquanto no caso geral apenas 5% dispõem de equipamentos com esse valor ou mais.

TABELA 9
Valor estimado do conjunto dos equipamentos de pesquisa (2012)

Valor dos equipamentos de pesquisa	Número de infraestruturas	(%)	Acumulado (%)
Até R$ 100 mil	16	13,7	13,7
Acima de R$ 100 mil até R$ 250 mil	15	12,8	26,5
Acima de R$ 250 mil até R$ 500 mil	16	13,7	40,2
Acima de R$ 500 mil até R$ 1 milhão	11	9,4	49,6
Acima de R$ 1 milhão até R$ 2 milhões	18	15,4	65,0
Acima de R$ 2 milhões até R$ 3 milhões	11	9,4	74,4
Acima de R$ 3 milhões até R$ 5 milhões	9	7,7	82,1
Acima de R$ 5 milhões até R$ 7 milhões	6	5,1	87,2
Acima de R$ 7 milhões até R$ 10 milhões	2	1,7	88,9
Acima de R$ 10 milhões até R$ 15 milhões	8	6,8	95,7
Acima de R$ 15 milhões até R$ 20 milhões	4	3,4	99,1
Acima de R$ 50 milhões	1	0,9	100,0
Total	**117**	**100,0**	**-**

Fonte: MCTI, CNPq e Ipea.

4.1.11 Valor estimado da infraestrutura dos laboratórios

De acordo com a tabela 10, apenas 17,9% das infraestruturas apresentaram valor superior a R$ 5 milhões; a maioria das infraestruturas (53%) de P&G indicou montante de até R$ 1 milhão. Nos limites superiores de valor, 10,3% das infraestruturas de P&G estimaram que suas infraestruturas têm valor acima de R$ 10 milhões; percentual maior que no caso geral, em que 3,1% revelaram que as infraestruturas apresentam valor acima deste patamar.

TABELA 10
Valor estimado das infraestruturas (2012)

Valor da infraestrutura	Número de infraestruturas	(%)	Acumulado (%)
Até R$ 500 mil	40	34,2	34,2
Acima de R$ 500 mil até R$ 1 milhão	22	18,8	53,0
Acima de R$ 1 milhão até R$ 3 milhões	24	20,5	73,5
Acima de R$ 3 milhões até R$ 5 milhões	10	8,5	82,1
Acima de R$ 5 milhões até R$ 10 milhões	9	7,7	89,7
Acima de R$ 10 milhões até R$ 20 milhões	8	6,8	96,6
Acima de R$ 20 milhões até R$ 30 milhões	1	0,9	97,4
Acima de R$ 30 milhões até R$ 50 milhões	2	1,7	99,1
Acima de R$ 200 milhões	1	0,9	100,0
Total	**117**	**100,0**	**-**

Fonte: MCTI, CNPq e IPEA.

4.2 Principais atividades

Como pode ser observado na tabela 11, 85% dos laboratórios que responderam ao levantamento realizado pelo MCTI, pelo CNPq e pelo Ipea prestam algum tipo de serviço a empresas e instituições em geral. Dada a grande demanda da Petrobras por novos conhecimentos nas áreas de E&P de petróleo em águas profundas e na produção de derivados, e com base na pesquisa sobre o impacto tecnológico das parcerias da Petrobras, realizada pelo Ipea,[14] é possível apontar que parte expressiva da prestação de serviços pelos laboratórios é direcionada a esta companhia.

14. A esse respeito, ver Turchi, De Negri e De Negri (2013).

TABELA 11
Prestação de serviços

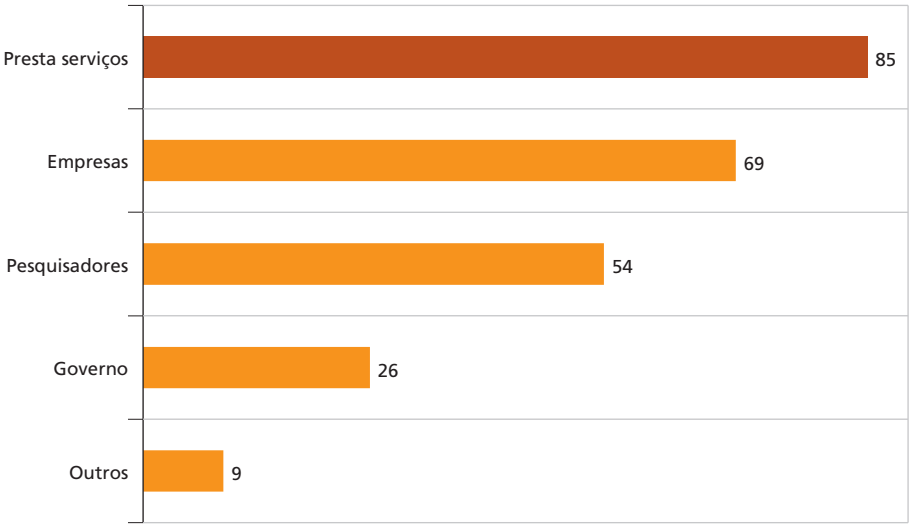
Presta serviços	Número	(%)
Sim	99	85
Não	18	15

Fonte: MCTI, CNPq e Ipea.

4.2.1 Tipos de clientes

Entre os principais clientes dos laboratórios, estão as empresas (69% dos laboratórios que prestam serviços direcionam sua pesquisa às empresas), seguidas pelo atendimento a pesquisadores (54%) e ao governo (26%) (gráfico 5).

GRÁFICO 5
Prestação geral de serviços por público-alvo (2012)
(Em %)

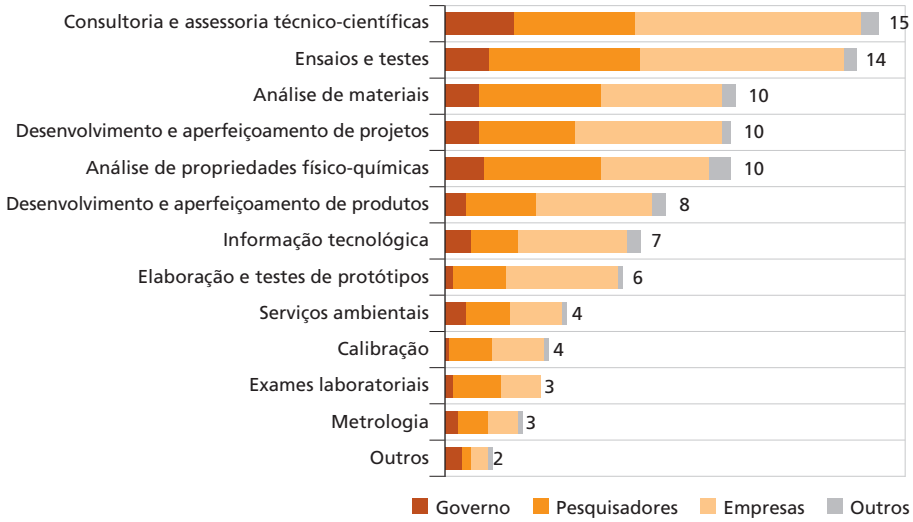


Fonte: MCTI, CNPq e Ipea.

4.2.2 Prestação de serviços tecnológicos

Os laboratórios oferecem um conjunto variado de serviços tecnológicos, desde consultoria e assessoria técnico-científicas a desenvolvimento e aperfeiçoamento de produtos e processos até elaboração de protótipos, calibração e metrologia. A utilização desses serviços varia conforme o público- alvo, como representado no gráfico 6.

GRÁFICO 6
Prestação de serviços tecnológicos, por público-alvo (2012)
(Em %)

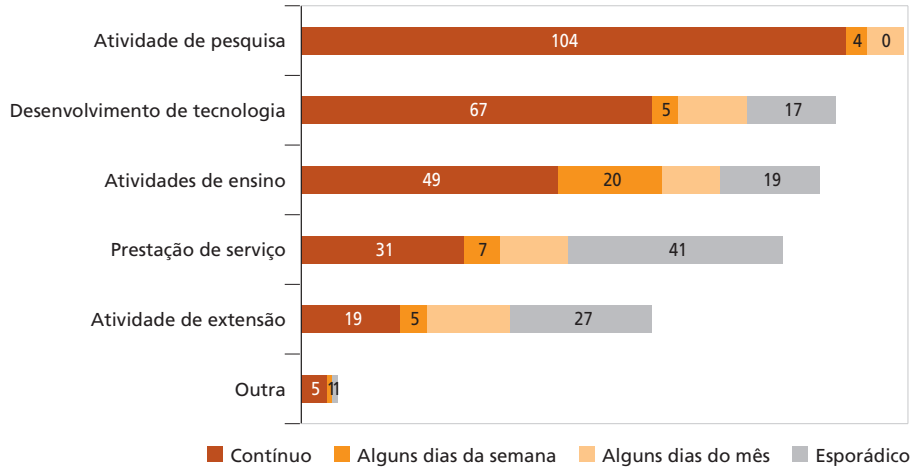


Fonte: MCTI, CNPq e Ipea.

4.2.3 Intensidade de uso das instalações e equipamentos

Outro indicador relevante da dinâmica do sistema pode ser observado na intensidade de uso de instalações e equipamentos para diferentes atividades, no gráfico 7.

GRÁFICO 7
Intensidade de uso do laboratório, por tipo de atividade desenvolvida (2012)



Fonte: MCTI, CNPq e Ipea.

Os laboratórios que realizam atividades de pesquisa são utilizados em sua maioria de forma continua (104). Em seguida, 67 laboratórios responderam que suas instalações e seus equipamentos são empregados de modo contínuo para desenvolvimento de tecnologias. Também de forma contínua, 49 laboratórios são utilizados para atividades de ensino.

A utilização dos laboratórios para atividades de extensão e prestação de serviços tem caráter mais esporádico.

Essa concentração nas faixas de uso contínuo e esporádico pode estar refletindo a capacidade dos laboratórios, em termos de recursos humanos e infraestrutura, como também sua localização. No Sul e no Sudeste, onde se concentram as indústrias do segmento de P&G em operação no Brasil, os laboratórios podem ser mais requisitados por empresas para prestação de serviços do que em regiões com menos firmas no setor – como no Norte e no Centro-Oeste –, ou as equipes desses laboratórios podem estar mais envolvidas com P&D de tecnologias de forma contínua, não tendo recursos humanos para serviços de extensão e prestação de serviços.

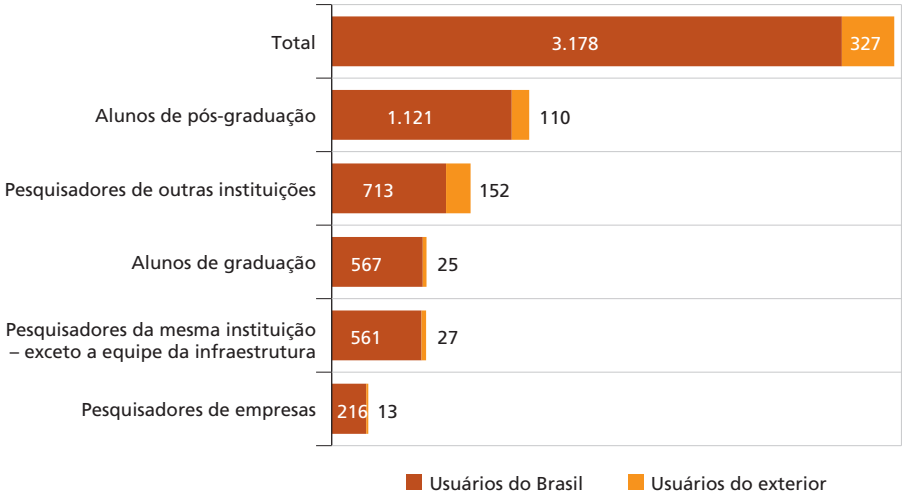
4.2.4 Tipos de usuários externos

Além da equipe dos laboratórios, foram levantadas informações sobre os vínculos do usuário externo,[15] representados no gráfico 8. Observa-se, como esperado, que a grande maioria dos usuários é constituída de brasileiros. Destes, o maior número é constituído por alunos de pós-graduação, seguido por pesquisadores de outras instituições e alunos de graduação. Apenas 216 laboratórios são utilizados por pesquisadores de empresas.

Os dados sobre natureza dos vínculos de pesquisador externo mostram que a interação de pesquisadores de outras instituições de pesquisa com o laboratório, ainda que pequena, é maior do que com pesquisadores de firmas. Esse é um dado que reflete a situação do setor onde as empresas têm, em sua maioria, centros de P&D próprios, como é o caso da Petrobras com o Cenpes.

15. Entende-se por usuários externos "aquele pesquisador que utilizou os serviços ou os equipamentos do laboratório no ano-base, e não faz parte da equipe de pesquisadores, técnicos ou estudantes do próprio laboratório e/ou infraestrutura". Assim, são pesquisadores vinculados a outras instituições, no Brasil ou no exterior, ou a outros departamentos da própria instituição que não fazem parte da equipe do laboratório e/ou infraestrutura.

GRÁFICO 8
Vínculo do pesquisador usuário (2012)



Fonte: MCTI, CNPq e Ipea.

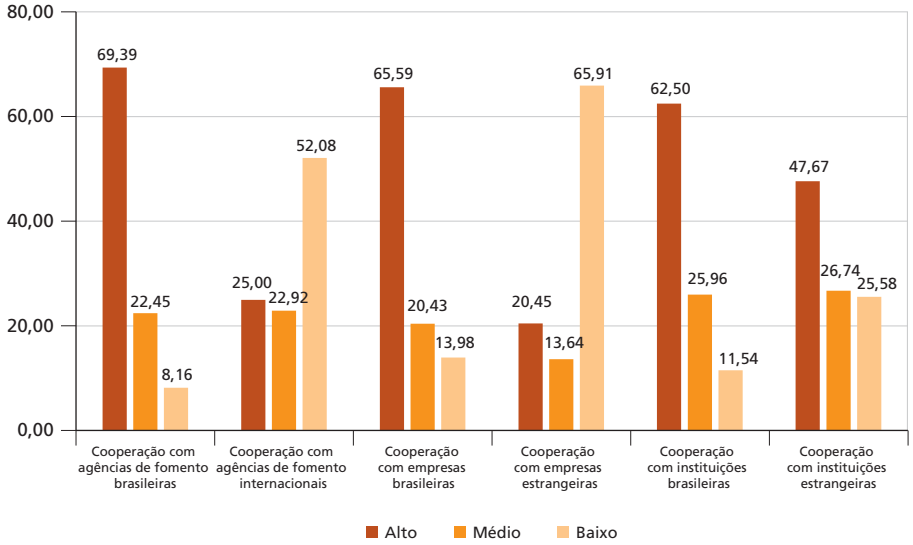
4.2.5 Grau de importância das atividades de cooperação

Os laboratórios, enquanto *locus* de desenvolvimento de pesquisas e serviços tecnológicos para empresas e instituições, desempenham papel relevante na constituição de um sistema de inovação. Entretanto, para que esse sistema se consolide, é necessário que seus segmentos estabeleçam parcerias, de forma a criar mecanismos mais permanentes para trocar informações e gerar novos conhecimentos. Os coordenadores dos laboratórios do segmento P&G analisados estudaram o grau de importância da cooperação por tipo de atividade. Essas avaliações são apresentadas no gráfico 9.

A importância de estabelecer parcerias com agências de fomento brasileiras foi avaliada como alta por cerca de 69,4% dos coordenadores dos laboratórios respondentes. Além disso, 65,6% avaliaram como de alta importância as parcerias realizadas com empresas brasileiras. A relevância atribuída à cooperação com firmas deve provir da experiência com a Petrobras. Como foi visto anteriormente, 57,6% do financiamento dos laboratórios respondentes vieram da Petrobras. Em seguida, observa-se que 62,5% dos coordenadores avaliaram como de alta importância as cooperações com instituições brasileiras.

A cooperação com empresas e instituições estrangeiras foi avaliada como de menor importância por cerca de 65,6% de coordenadores. E 52,1% consideraram também como de baixa relevância as interações com agências de fomento internacionais.

GRÁFICO 9
Grau de importância atribuída às atividades de cooperação (2012)
(Em %)



Fonte: MCTI, CNPq e Ipea.

De fato, essas avaliações parecem refletir uma visão de cooperação bastante relacionada ao financiamento de projetos. Disso decorre a maior importância atribuída às empresas brasileiras e às agencias de fomento nacionais, que aportaram recursos para construção da infraestrutura dos laboratórios pesquisados. A cooperação para o desenvolvimento de projetos conjuntos com firmas ou instituições estrangeiras é experiência vivida por poucos laboratórios do segmento.

4.2.6 Avaliação da capacidade técnica da infraestrutura

Nesta subseção, são apresentadas as avaliações dos coordenadores sobre as condições técnicas e físicas da infraestrutura laboratorial. No gráfico 10, podem ser observados quatro aspectos levados em conta na avaliação geral da infraestrutura: condições dos insumos, equipamentos, manutenção e instalações.

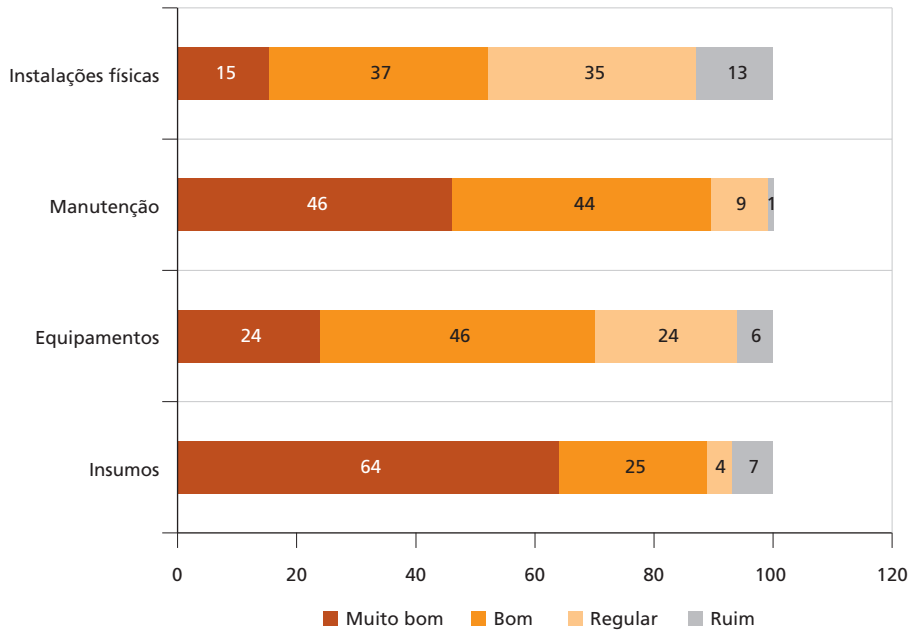
Conforme o gráfico 10, 64,1% dos coordenadores perceberam as condições de insumos como muito bom e 24,7%, como bom. Apenas 6,8% dos coordenadores consideraram ruim a qualidade dos insumos de seus laboratórios.

Os equipamentos foram considerados muito bons por apenas 24% dos coordenadores dos laboratórios. Grande parte dos coordenadores – ou seja, 46,1% – avaliou os equipamentos como bons e 23,9%, como regulares.

No tocante à manutenção dos laboratórios, as faixas entre muito bom (46,1%) e bom (43,6%) concentraram a maioria das avaliações. Apenas um laboratório foi percebido como muito ruim em termos de manutenção.

As instalações físicas dos laboratórios foram avaliadas por grande parte dos coordenadores nas faixas bom (36,8%) e regular (35%). Apenas 15,4% das instalações foram consideradas muito boas pelos seus coordenadores. No outro extremo, observou-se que 12,8% dos coordenadores avaliaram as instalações físicas de seus laboratórios como ruins. Este dado segue a tendência geral conforme análise apresentada por Squeff e De Negri (2014) na nota técnica *Infraestrutura científica e tecnológica no Brasil*. Entretanto, dado o investimento da Petrobras nestas áreas, esperava-se avaliação melhor no tocante às instalações físicas.

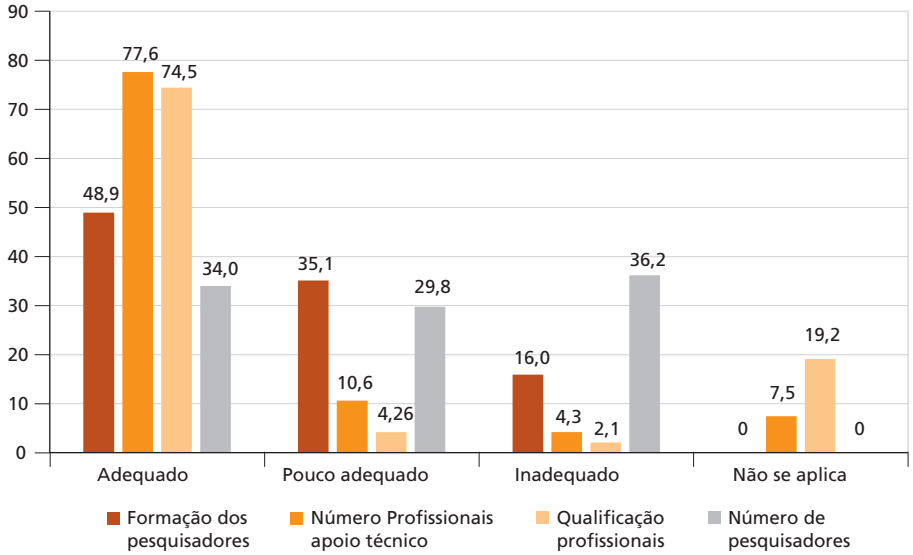
GRÁFICO 10
Avaliação das condições gerais da infraestrutura (2012)
(Em %)



Fonte: MCTI, CNPq e Ipea.

A seguir, apresenta-se a avaliação dos coordenadores sobre os recursos humanos dos laboratórios.

GRÁFICO 11
Avaliação dos recursos humanos (2012)
(Em %)



Fonte: MCTI, CNPq e Ipea.

Observa-se, no gráfico 11, que a maioria dos coordenadores avaliou como adequados tanto o número de profissionais de apoio técnico (77,7%) quanto a qualificação dos profissionais (74,5%) que atuam nos laboratórios respondentes.

A formação dos pesquisadores foi avaliada como adequada por 48,9% dos coordenadores, como pouco adequada por 35% e como inadequada por 16%. Em relação ao número de pesquisadores, 34% dos coordenadores avaliaram como adequado, e proporção semelhante (36%) considerou como inadequado. As avaliações referentes ao número de pesquisadores chamam atenção para a necessidade de atrair novos pesquisadores e estimular a formação dos existentes. Cabe observar que, com a instalação de novos centros de P&D das empresas de serviços petroleiros que estão vindo para atender às necessidades do pré-sal, é esperado aumento da demanda por pesquisadores nas diversas áreas de pesquisa em P&G.

As avaliações dos coordenadores dos laboratórios e as análises das seções anteriores mostram cenário bastante positivo, que reflete a orientação das empresas – observando-se a presença majoritária da Petrobras entre as empresas – e de agências governamentais no fortalecimento da inovação do setor de P&G. Essas avaliações são corroboradas por outra pesquisa realizada pelo Ipea, desenvolvida para a Petrobras com coordenadores de projetos, que avaliaram os

impactos tecnológicos das parcerias desta empresa com centro de pesquisas e universidades no país (Turchi, De Negri e De Negri, 2013). No estudo, coordenadores de pesquisas desenvolvidas em parceria com a Petrobras indicaram uma série de benefícios advindos da parceria. Os benefícios transcenderam a criação e/ou as reformas de laboratórios, e manifestaram-se também no número de dissertações, teses de doutorado e artigos que foram desenvolvidas no decorrer da execução de projetos de pesquisas com a Petrobras. Além da qualificação de recursos humanos, os coordenadores das pesquisas apontaram que os produtos e os processos gerados nas parcerias com essa empresa permitiram às ICTs consolidar e ampliar competências científicas e tecnológicas nas áreas de petróleo e de outras formas de energia.

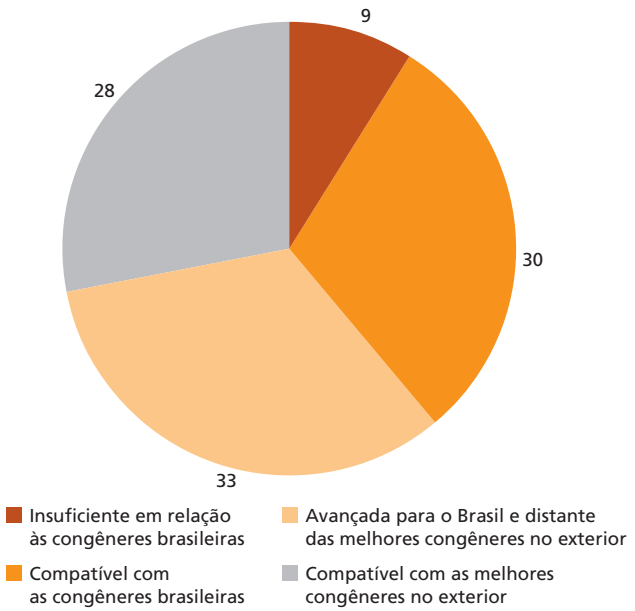
Os dados da presente pesquisa, particularmente os que apresentam a avaliação dos coordenadores de laboratórios são consistentes com os resultados encontrados na pesquisa Impactos Tecnológicos das Parcerias da Petrobras com Universidades, Centros de Pesquisa e Firmas Brasileiras (Turchi, De Negri e De Negri, 2013). As pesquisas referidas mostram uma avaliação muito positiva em relação à qualificação e a formação de recursos humanos para atender às atuais demandas do setor de P&G.

Os coordenadores de laboratórios, porém, são cautelosos na avaliação das condições da infraestrutura laboratorial, ao considerar que, embora avançada em relação aos padrões brasileiros, ainda estamos distante das melhores estruturas do gênero no exterior. De fato, a consolidação de infraestrutura de pesquisa na cadeia de P&G, mais dinâmica e integrada no país, pede a incorporação de outros atores, principalmente centros de pesquisas de outras empresas operadoras e fornecedores, além de mais pesquisadores nos diversos segmentos da cadeia produtiva.

O gráfico 12 apresenta a avaliação dos coordenadores sobre a capacidade técnica de seus laboratórios. Trinta e três por cento dos coordenadores consideraram a capacidade técnica de seus laboratórios como adequada e compatível com a observada em outras infraestruturas do gênero no Brasil, e 30% avaliaram a capacidade como avançada e compatível com a observada nas melhores infraestruturas do tipo no exterior.

Vinte e oito por cento dos coordenadores consideraram a capacidade técnica dos seus laboratórios avançada em relação aos padrões brasileiros, mas ainda distante da observada nas melhores infraestruturas do gênero no exterior. Apenas 9% dos laboratórios foram avaliados, em termos de sua capacidade técnica, como insuficiente em relação à observada em outras infraestruturas do tipo no Brasil.

GRÁFICO 12
Avaliação da capacidade técnica da infraestrutura (2012)
(Em %)



Fonte: MCTI, CNPq e Ipea.

Essas avaliações vão ao encontro da literatura que trata do papel da Petrobras (Furtado, 2007; Morais, 2013; Turchi, De Negri e De Negri, 2013) na demanda de novas tecnologias para exploração de petróleo em águas profundas e dos investimentos via CT-Petro na construção e ou reforma de laboratórios desta área.

5 FORMAÇÃO DO SISTEMA DE INOVAÇÃO EM PETRÓLEO E GÁS NATURAL EM DOIS PAÍSES: COMPARAÇÕES ENTRE O BRASIL E A NORUEGA

Esta seção analisa a formação do sistema de inovação em P&G na Noruega e estabelece comparações com o desenvolvimento do sistema no Brasil. A Noruega é tomada como paradigma, uma vez que esse país se tornou um dois maiores exportadores de petróleo nas últimas décadas do século passado e construiu um parque industrial produtor de equipamentos submarinos, constituído por empresas nacionais e estrangeiras, em estreita cooperação. A base desse desenvolvimento foram ações governamentais, com a participação ativa de seus centros de pesquisa na formação de pessoal qualificado e na geração de conhecimentos para o aumento da competitividade da indústria de equipamentos *offshore*.

Nesse aspecto, há diferenças marcantes com o Brasil, que, não obstante ter desenvolvido tecnologias inovadoras para o petróleo *offshore*, centradas em empresa

estatal, não desenvolveu um setor industrial de capital nacional de porte significativo nessa área (Ruas, 2011). Este texto discute as razões das diferenças entre os dois países, tanto na formação do sistema de inovação em P&G quanto no desenvolvimento do setor industrial de bens e serviços para as operações de petróleo *offshore*.

Observa-se, como ponto básico, que os dois países adotaram diferentes regimes de exploração de petróleo. No Brasil, optou-se pelo regime de monopólio, exercido pela Petrobras de 1953 a 1995; nesse último ano, o setor de petróleo foi aberto a empresas privadas e estatais. Na Noruega, as explorações na plataforma marítima foram abertas às empresas nacionais e estrangeiras logo no início do estabelecimento do sistema de concessões de áreas para a exploração, em 1965, porém com a presença do Estado na administração, no monitoramento e na definição das diretrizes a serem seguidas pelas empresas nas atividades de E&P de P&G nas áreas marítimas.

O sistema adotado na Noruega procurou, desde a descoberta de petróleo, em 1969, atrair empresas de capital estrangeiro para se instalarem no país, diante do reconhecimento da necessidade de dispor da capacitação dessas empresas para o pleno desenvolvimento da indústria do petróleo; porém, uma das condições para qualquer firma estrangeira ganhar a concessão de área para a exploração e a produção de petróleo era a subcontratação de empresas nacionais fornecedoras de bens e serviços para o setor, "*to serve the interests of Norwegian society*" (Engen, 2007, p. 4).

A descoberta dos primeiros grandes campos de petróleo (Ekofish e Frigg, em 1969 e 1971) comprovaram o grande potencial do país em P&G. Seguindo as tendências mundiais de fundação de empresas estatais para explorar o setor de petróleo – que vinha desde a década de 1920 (Morais, 2013) – o governo criou, em 1972, a empresa Statoil, com o objetivo de conduzir as explorações, isoladamente ou em associação com empresas do setor privado. Como norma, a Statoil participaria, obrigatoriamente, com 50% dos investimentos em cada campo, uma regra que foi depois flexibilizada. A empresa adaptou tecnologias e negociou com firmas estrangeiras a transferência de tecnologias e conhecimentos para as empresas fornecedoras de equipamentos e serviços norueguesas, com base em sistema de concessões de áreas pelo Estado, que exigia a associação da empresa com as demais petroleiras nas explorações, o que contribuiu para reforçar a predominância da Statoil no setor. Na década de 1970, com apoio na indústria naval e no setor de armadores já instalados, começou a trajetória de construção de grandes plataformas de produção de petróleo marítimo, que constituíram importante alicerce para o desenvolvimento de tecnologias *offshore* no país.

De acordo com as normas aprovadas pelo Parlamento norueguês, no início da década de 1970, para obter novas áreas para a exploração de petróleo, as petroleiras estrangeiras deveriam incorporar empresas domésticas fornecedoras

de equipamentos e serviços em seus planos de trabalho de E&P, e transferir conhecimentos para estas e para instituições de pesquisas norueguesas. A base legal da exigência da contratação de firmas norueguesas foi estabelecida em decreto real, de 1972, que definiu a obrigatoriedade da compra de bens noruegueses pelas empresas que recebessem licenças de áreas para a exploração de petróleo, desde que competitivos em qualidade, preço e prazo de entrega; as listas de aquisições de bens e serviços pelas empresas participantes dos campos de petróleo deveriam ser regularmente submetidas ao Ministério do Petróleo e Energia (MPE).[16]

Esse aparato de proteção à indústria doméstica se desenhou no contexto de proteção à indústria nascente, como descrito por Michael Porter, e viabilizou a criação de um *cluster* petrolífero no país, caracterizado pela constante evolução tecnológica (Engen, 2007). A grande dimensão das reservas de petróleo encontradas nas décadas seguintes e o aumento da produção criaram um grande e lucrativo mercado de exportação de petróleo em relação às dimensões do país, que contava com pouco mais de 3,5 milhões de habitantes na década de 1970. A prevalência de objetivos nacionais de crescimento industrial, desenvolvimento tecnológico e criação de empregos fez com que o Parlamento norueguês organizasse o ritmo das explorações na plataforma marítima, de forma a dar tempo às empresas norueguesas de absorverem conhecimentos tecnológicos externos.

Analisando-se o caso brasileiro, foi a Petrobras que desempenhou a posição de empresa articuladora da produção industrial de materiais e equipamentos para setor de petróleo, e realizou grande esforço de nacionalização nas suas aquisições de equipamentos para a instalação das grandes refinarias construídas da década de 1950 ao ano de 1980 e para a produção de petróleo na plataforma submarina, após as crises internacionais do petróleo, em 1973 e 1979 (Silveira, 2013). Contudo, nas aquisições da Petrobras, não havia política governamental deliberada de fortalecimento de empresas de capital nacional, mas a tentativa de trazer para o Brasil capacidades produtivas e tecnológicas, com dois objetivos principais: superar as restrições cambiais na importação e encontrar e produzir petróleo mais rapidamente, por conta das dificuldades na economia originadas das duas crises mundiais do petróleo, que diminuiram a capacidade brasileira de importação de bens em geral. Esses objetivos foram aprofundados pela crise da dívida externa, em 1982, que levou à perda da capacidade do Brasil de pagar seus compromissos financeiros internacionais. Esses condicionantes intensificaram a necessidade de "descobrir petróleo a qualquer custo e de antecipar a produção, a fim de resolver os problemas na economia decorrentes da dependência de fontes externas de petróleo".[17]

16. Conforme o relatório *Referências para a política industrial do setor de petróleo e gás*: o *caso da Noruega* (ABDI, 2011).
17. Engenheiro João Carlos de Luca, ex-diretor de exploração e produção da Petrobras, em entrevista a um dos autores, em 2011.

Outros fatores contribuíram fortemente para a não formação de setor industrial de capital nacional fornecedor de equipamentos para a exploração e a produção de petróleo. Com a baixa nos preços desse bem, a partir de 1986, a Petrobras deixou de adquirir equipamentos a qualquer custo no mercado nacional. Igualmente, o ambiente macroeconômico adverso nos anos 1980 não facilitava à indústria de capital nacional permanecer produzindo e acompanhar o desenvolvimento tecnológico da indústria internacional. A Petrobras passou a dar preferência a contratos *turn key* com grandes petroleiras integradas, decisão que provocou a diminuição da participação das empresas de capital nacional na indústria do petróleo (Ruas, 2011, p. 350).

Outros fatores tornariam ainda mais complexo o surgimento de uma indústria parapetroleira de capital nacional. Com a grande baixa nos preços internacionais do petróleo, entre 1986 e 2004, a necessidade de reduzir custos levou as empresas produtoras internacionais de equipamentos submarinos para petróleo a realizar intenso processo de fusões e aquisições (Lotty, 2004 *apud* Ruas, 2011).[18] Desse processo surgiram firmas de maior porte – com escala global, maior diversidade de produtos ofertados e participação mais elevada no total investido em P&D –, que passaram a centralizar grande parte das vendas da indústria parapetroleira. As empresas que surgiram participaram de forma integrada de diversas atividades, como engenharia e desenvolvimento de produtos, fabricação, realização de projetos completos (*engineering*, *procurement and construction* – EPC) e atividades de E&P. Além disso, essas firmas estão geralmente presentes em províncias petrolíferas maiores, em mercados com maior escala de produção.

Assim, diferentemente da Noruega, a necessidade de produção rápida de petróleo impediu que o Brasil esperasse os resultados de uma eventual política de desenvolvimento tecnológico que permitisse a formação de setor formado por empresas parapetroleiras de capital nacional. Nas condições de restrições para importar do Brasil, a Petrobras deveria dispor rapidamente de plataformas e equipamentos para iniciar a produção dos campos de petróleo descobertos nas décadas de 1970 a 1990.

O segundo aspecto que diferencia as experiências do Brasil e da Noruega repousa na criação nesse país, logo no início das explorações, de aparato de instituições para monitorar a atuação das empresas petroleiras. Para administrar o desenvolvimento do setor de petróleo, foram criados, em 1973, o Ministério do Petróleo e Energia e uma agência para administrar as operações no setor, a Norwegian Petroleum Directorate (NPD), que concedia as licenças para as explorações.

18. LOOTY, M. Mudanças no ambiente competitivo e novas estratégias tecnológicas: uma análise baseada nas estatísticas de patentes das principais empresas das principais empresas parapetrolíferas a partir dos anos 1980. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 3, n. 2, jul./dez. 2004.

Ao Parlamento norueguês, cabia a aprovação do arcabouço para a operação do setor de P&G e a aprovação de novas áreas para exploração; o MPE foi encarregado da gestão dos recursos do petróleo e do setor como um todo. As licenças para exploração podiam ser concedidas com exclusividade para a Statoil ou para empresas privadas com as quais esta firma tivesse parceria. O Parlamento norueguês, frequentemente, tomava decisões voltadas à geração de empregos nas empresas fornecedoras e no desenvolvimento regional; como afirmou Engen (2007, p. 20): "*Strong political interventions gave priority to uniform and continuous investments in projects where Norwegian actors had acquired a compatible competence*". A política de favorecer o surgimento de indústria de fornecedores domésticos era continuamente amparada por medidas que determinavam o aumento da participação desses fornecedores nos investimentos de petróleo *offshore*.

No Brasil, como se observou, não houve a necessidade da criação desse aparato burocrático, pois não havia concessões de áreas para empresas privadas, e as explorações estavam sob o controle do Poder Executivo, maior acionista e detentor do controle do capital da Petrobras.

O estabelecimento do aparato regulatório na Noruega e a participação de empresas norueguesas nos investimentos no setor de petróleo constituíram uma fase preparatória para a formação de sistema de inovação em petróleo nesse país.

Seguindo a política governamental de *norwegianisation* dos investimentos e da tecnologia, a política de proteção aplicada na implantação dos dois primeiros grandes campos de petróleo da década de 1970 (Ekofish e Frigg) representou a oportunidade para os fornecedores noruegueses aprimorarem a tecnologia de plataformas de concreto e participarem do desenvolvimento de equipamentos submarinos. Observe-se que o governo estabelecia os requerimentos tecnológicos e de *design* a serem seguidos pelas empresas estrangeiras e norueguesas; porém, as universidades ainda não participavam desses investimentos, razão pela qual ainda não se iniciara a formação de um sistema de inovação em petróleo na Noruega. E, a despeito da participação obrigatória de firmas norueguesas no fornecimento de equipamentos, as empresas estrangeiras ainda detinham a maior parte do fornecimento de equipamentos (Engen, 2007, p. 17).

A formação de um sistema de inovação em petróleo norueguês tomou forma no final da década de 1970, no campo gigante de Statfjord, descoberto em 1974, quando começou a construção de três grandes plataformas de concreto de gravidade integradas – denominadas de *concrete deep water structure* (Condeep) –, que envolveu os interesses das mais diversas áreas, como as firmas norueguesas subcontratadas, os agentes políticos e as associações de trabalhadores. O desenvolvimento da competência tecnológica da Statoil na instalação dessas plataformas foi suficiente o bastante para permitir que a empresa se tornasse um operador independente.

Como explicou Engen:

Nessa fase, os atores noruegueses foram gradualmente incluídos no sistema de inovação de petróleo através de políticas ativas de setor nascente. A empresa Statoil iniciou sua transformação em uma empresa de petróleo integrada, e Aker e Kvaerner estabeleceram-se como principais fornecedores. Isso implicou, entre outras coisas, que os principais fornecedores aumentaram sua ênfase em fontes internas de inovação, desenvolvimento e aperfeiçoamento de suas soluções técnicas e de engenharia (Engen, 2007, p. 21, tradução nossa).

No entanto, para esse autor, à época houve pouco apoio científico ou tecnológico de fontes públicas, e as universidades norueguesas e as instituições de P&D mantiveram-se ausentes do cenário do petróleo.

Em 1979, foi dado um passo fundamental para a concessão de maior apoio à pesquisa interna, por meio de uma nova política: os *good will agrements*. Por meio deste instrumento, as empresas estrangeiras passaram a receber pontuações com o objetivo de melhorarem suas posições nas próximas rodadas de concessões de áreas exploratórias. As firmas receberiam pontuação maior se comprovassem a transferência de *know how* e a contratação de empresas norueguesas e de institutos de pesquisa para a pesquisa de P&G no país.

Diversos centros de pesquisa foram estabelecidos, em pouco tempo, para estudos em petróleo. As principais áreas de pesquisa para estas instituições foram os estudos em geologia aplicada, em tecnologia de perfuração de poços e em pesquisas para maior recuperação de petróleo nos reservatórios (Gulbrandsen e Nerdrum, 2007 *apud* Engen, 2007).[19]

A política norueguesa para o petróleo foi, assim, caracterizada por um bem articulado sistema de avaliação das contribuições que as operadoras de petróleo podiam trazer para a capacitação tecnológica nacional.

Durante toda a década de 1980, verificam-se os efeitos da política protecionista e do sistema de concessão já referidos. Os principais fornecedores noruegueses e seus subempreiteiros aumentaram seu domínio na plataforma marítima norueguesa, por meio da cooperação entre eles. Finalmente, os acordos de tecnologia citados e o aumento do financiamento público à pesquisa de petróleo contribuíram para o amadurecimento do sistema norueguês de inovações em petróleo.

O sistema de explorações assim formado – isto é, com a forte proteção do Estado – sofreu uma reviravolta, na segunda metade da década de 1980, com a queda ocorrida nos preços do petróleo, após o término dos efeitos do segundo choque do petróleo de 1979.

19. Gulbrandsen e Nerdrum (2007). **Public sector research and industrial innovation in Norway**: a historical perspective. University of Oslo: Oslo (TIK Working Papers on Innovation Studies).

Com a nova realidade de preços baixos do petróleo, o principal objetivo do desenvolvimento tecnológico na Noruega passou a ser a redução dos custos de exploração e produção. Com esse objetivo, foi criado o programa Norsok, voltado ao desenvolvimento tecnológico e organizacional e a novas relações contratuais, regulamentos e iniciativas de cooperação e negociações entre as empresas de petróleo e seus fornecedores. A principal meta era reduzir os custos médios em até 50%, proporcionar aos atores maior liberdade no planejamento e na implementação de soluções tecnológicas alternativas, além de objetivos ambiciosos para o aumento da eficiência e da padronização dos equipamentos utilizados na produção *offshore*.

O programa Norsok, executado a partir da década de 1990, representou forte mudança em relação às políticas protecionistas do sistema de concessões e dos "acordos de boa vontade", pois as empresas passaram a dispor de mais liberdade na escolha de tecnologias e fornecedores. A partir do programa, não fazia diferença nas escolhas tecnológicas do sistema de inovação em P&G se o operador de um campo fosse estrangeiro ou nacional. Os institutos de pesquisa e universidades passaram a realizar pesquisas técnicas mais aplicadas, e o Conselho de Pesquisas da Noruega tornou-se importante financiador de P&D na indústria do petróleo.

Durante essa fase, pode-se falar da existência de um sistema norueguês de inovações em petróleo e gás natural, segundo o qual: os atores noruegueses começaram a dominar a maioria dos segmentos desse sistema; a maioria das investigações técnicas aplicadas passou a ser realizada pelos institutos de pesquisa e pelas universidades da Noruega; e o Conselho de Pesquisa da Noruega tornou-se importante financiador de P&D na indústria de P&G.

A produção de petróleo da Noruega cresceu aceleradamente nas décadas de 1980 e 1990, tendo alcançado a média de 3,2 milhões de barris/dia, no período 1995-2005, o que tornou o país um dos principais produtores e exportadores mundiais de P&G. A partir de 2005, a produção passou a apresentar queda, em razão da diminuição da capacidade produtiva dos campos maduros – que já produzem há mais de trinta e cinco anos – e da não ocorrência de descobertas de campos importantes para reverter essa tendência. A produção, em 2013, foi de 1,8 milhão de barris/dia – isto é, 46% inferior ao ano de maior produção, ocorrida em 2001, que alcançou 3,4 milhões de barris/dia. Quanto às reservas nacionais, reduziram-se de 11,4 bilhões de barris, em 2000, para 8,7 bilhões, em 2013.

Diante da queda da produção e das reservas, o país lançou dois programas principais na década passada: Petromarks, cujas metas são a elevação das reservas e o aumento do fator de recuperação das reservas que já se encontram em produção; e Demo 2000, com objetivos de redução de custos e riscos para as empresas, bem como de comercialização de novas tecnologias, por meio de projetos de demonstração de novos equipamentos e serviços.

Ao final das análises desta seção, podem ser apontados os resultados dos diferentes desenvolvimentos ocorridos na Noruega e no Brasil. No período de mais de quarenta anos de evolução do sistema de inovação em petróleo *offshore* na Noruega, desde a década de 1970, o país tornou-se um importante exportador de tecnologia *offshore*. No Brasil, enquanto a Petrobras foi capaz de desenvolver tecnologias próprias para o avanço das explorações *offshore*, isso não ocorreu com a indústria nacional. No período de quarenta anos que marcam os desenvolvimentos do setor de petróleo *offshore* no Brasil, a partir da descoberta do primeiro campo de petróleo marítimo (o Campo de Garoupa, em 1974, na Bacia de Campos), não houve no país a implantação de *cluster* representativo de empresas de capital nacional com tecnologias avançadas na exploração e na produção de petróleo, como se verificou na Noruega. Grande parte das inovações coordenadas pela Petrobras foi realizada por empresas multinacionais instaladas no país, cujas contribuições para a pesquisa, o desenvolvimento e a inovação foram baixas para o potencial de produção nacional, não obstante o grande mercado nacional, responsável por 386 árvores de natal molhadas instaladas de 1978 a 2000, que representou um quarto do mercado mundial.[20] As possibilidades de exportações também foram limitadas, uma vez que a divisão de mercado faz com que sejam as matrizes ou as fábricas localizadas em outros países as fornecedoras para os demais mercados absorvedores de equipamentos submarinos (Ruas, 2011, p. 360).

No fim dos anos 1990 e no início da década de 2000, as empresas estrangeiras aumentaram sua participação no mercado brasileiro, via aquisições – a exemplo a compra da CBV Indústrias Mecânicas, em 1998, pela FMC Technologies – ou investimentos próprios. Formou-se apenas uma firma de capital nacional, com produção destacada de equipamentos para a produção *offshore*, a MFX, fabricante de umbilicais para águas profundas (Ruas, 2011, p. 357-364). Depois de 2006, com as descobertas no pré-sal, o domínio das empresas estrangeiras tende a crescer, por meio de grandes investimentos em equipamentos de produção submarinos, como manifoldes, árvores de natal, cabeças de poço, umbilicais, dutos flexíveis e sistemas de bombeamento e separação submarinos, aproveitando as economias de escala e escopo que já possuem.

Da mesma forma, o aumento da presença das empresas estrangeiras, com seus laboratórios, parece inconteste, como se verifica pelos diversos centros de P&D implantados no Brasil nos anos recentes. Esses centros estão se dedicando a pesquisas na fronteira do conhecimento da exploração e da produção no pré-sal. Isso poderá garantir aos laboratórios estrangeiros posição de liderança na geração de conhecimentos demandados pelas empresas exploradoras e operadoras de campos de petróleo no pré-sal, somente amenizada pelas exigências da política de conteúdo

20. Dados da Petrobras, em *Brasil Energia*, fevereiro de 2001, citado em Ruas (2011, p. 351).

local, que visa promover a ampliação da cadeia de supridores industriais locais e as capacitações tecnológicas na produção de equipamentos para a exploração e a produção de petróleo.

6 CONCLUSÕES

Este trabalho analisou a infraestrutura de laboratórios que prestam serviços de P&D para as empresas que compõem a cadeia produtiva de petróleo e gás natural, bem como a formação histórica do sistema de inovação em P&G.

O início da formação do sistema ocorreu em 1986, ano do lançamento do primeiro programa de capacitação para águas profundas da Petrobras (Procap). A formação do sistema continuou, em 1992, com a adoção do segundo Procap e, em 2000, com a do terceiro Procap, que ampliaram a cooperação tecnológica da Petrobras com ICTs e empresas fornecedoras.

O sistema fortaleceu-se e foi aberto para outras empresas além da Petrobras, após a abertura do setor de petróleo, em 1995, seguindo-se como fatos importantes a criação da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, em 1997, e a exigência às empresas petroleiras de aplicação de 1% das receitas dos campos com alta produção em P&D; com esta medida, diversas empresas petroleiras – além da Petrobras – passaram a contratar pesquisas com ICTs, diante da determinação legal de que 50% dos dispêndios obrigatórios que devem realizar em P&D devam ser dispendidos junto a universidades e centros de pesquisa. O número de ICTs credenciadas pela ANP para realizar pesquisas alcançava, no final de 2014, 354 unidades de pesquisa. São instituições com reconhecimento formal de que

> atuam em atividades de pesquisa e desenvolvimento em áreas de relevante interesse para o setor de petróleo, gás natural e biocombustíveis, e que possuem infraestrutura e condições técnicas e operacionais adequadas para seu desempenho (ANP, 2014c).

Os valores totais obrigatórios projetados pela ANP para aplicação em PD&I serão crescentes nos próximos anos, devendo alcançar R$ 2,16 bilhões, em 2015, e R$ 3,94 bilhões, em 2020, em razão, principalmente, do crescimento da produção de petróleo do pré-sal e dos campos incluídos na cessão onerosa.[21]

Em síntese, no período 1986-2013, o início, o desenvolvimento e a configuração do sistema nacional de inovação do setor de P&G podem ser fundamentados nos seguintes fatos:

21. As projeções encontram-se no boletim *ANP Petróleo e P&D* (ANP, 2014a). Pelo contrato de cessão onerosa, a Petrobras recebeu – contra pagamento à União e com dispensa de licitação – o direito do exercício de exploração e produção de hidrocarbonetos em áreas do pré-sal não concedidas em leilões; o volume máximo acumulado de produção que a Petrobras poderá realizar nas áreas da cessão onerosa é de 5 bilhões de barris boe. A cessão abrangeu seis blocos definitivos (Tupi Sul, Florim, Tupi Nordeste, Guará Sul, Franco e Entorno de Iara) e um bloco contingente (Peroba) da Bacia de Santos.

- adoção pela Petrobras de três fases consecutivas do Programa de Capacitação Tecnológica para Águas Profundas (Procap);
- criação da ANP;
- elaboração do CT-Petro;
- ampliação das parcerias da Petrobras com universidades e centros de pesquisas para a pesquisa e o desenvolvimento de equipamentos e serviços necessários à exploração e à produção de petróleo;
- o interesse de trazer para o Brasil grande número de empresas estrangeiras fabricantes de equipamentos submarinos, que se engajam no desenvolvimento dos equipamentos, em colaboração com a Petrobras e com os centros de pesquisas e as universidades;
- atração de fornecedores multinacionais de serviços para as empresas petroleiras, que estão implantando centros de pesquisa, para o atendimento das demandas tecnológicas da Petrobras e das demais empresas que investem na exploração de petróleo; e
- lançamento pela Petrobras, em 1986, das redes temáticas, por meio da identificação dos *temas estratégicos* a serem pesquisados e desenvolvidos na área de P&G, que envolvem mais de cem universidades e centros de pesquisas.

Como orientação teórica para a análise das relações ocorridas entre as empresas, as universidades e os órgãos governamentais naquele sistema, durante as várias fases de sua formação, da configuração atual que assumiu, foi utilizado neste trabalho o modelo de tríplice hélice, apropriado para a interpretação da evolução do sistema no Brasil.

Com efeito, o sistema brasileiro apresentou, desde seu início até o presente, fortes características do estágio I do modelo de tríplice hélice. Desde seus primórdios, o sistema setorial de inovação em petróleo e gás natural foi fortemente condicionado pelo Estado, através do monopólio de setor, executado por apenas uma empresa estatal. Todas as atividades ligadas à exploração, à produção, à distribuição e à P&D de P&G estavam sob o controle da Petrobras.

As análises mostraram que o sistema de inovação em P&G conseguiu, ao longo do tempo, transitar para fases mais dinâmicas e com interações com outros agentes e instituições, não só devido ao fim do monopólio, mas, principalmente, pelo fato de que a Petrobras teve sua atuação fortemente orientada para o desenvolvimento de pesquisas em apoio às explorações de petróleo. A orientação para realização de P&D foi reforçada nos anos que se seguiram ao fim do monopólio, o que contribuiu para a atual configuração do sistema setorial de inovação no setor.

Na atual configuração do sistema, encontram-se características tanto do estágio II como do estágio III do modelo do tríplice hélice. Entraram novas instituições, como a ANP, o fundo CT-Petro, universidades e centros de pesquisa, outras operadoras de petróleo e centros de pesquisas de empresas prestadoras de serviços petrolíferos. Entretanto, integração mais contínua no sistema brasileiro – característica principal do estágio III – está restrita a algumas instituições e empresas. É o caso da Petrobras e de suas redes de pesquisas estabelecidas com ICTs, que a empresa vem financiando para tratar de temas prioritários para exploração no pré-sal e nas demais áreas empresariais em que atua. Quanto à relação das ICTs com as empresas fornecedoras nacionais, apresentam níveis de interação menores que os que tinham com a Petrobras.

No projeto Mapeamento da Infraestrutura de Pesquisas, foram obtidas respostas de 117 infraestruturas que prestam serviços de P&D para os segmentos de extração de petróleo e gás natural, atividades de apoio à extração de P&G e fabricação de produtos derivados do petróleo.

Das 117 infraestruturas, constituídas principalmente por laboratórios científicos, 65 iniciaram suas operações entre 2000 e 2012; vinte começaram suas operações entre 2010 e 2012 – ou seja, com a média de quase sete novas unidades implantadas por ano. Outro resultado do questionário mostra que 90% das 117 infraestruturas realizaram modernizações dos seus equipamentos ou laboratórios nos últimos cinco anos até 2012, e que 43% destas modernizaram os equipamentos ou laboratórios até um ano antes. Esses resultados foram interpretados como sendo efeito, principalmente, da atual expansão tecnológica da Petrobras por meio das redes temáticas, que vêm equipando, desde 2006, dezenas de laboratórios em universidades e institutos de pesquisa para desenvolverem os estudos demandados para as explorações no pré-sal e nas demais áreas em que a estatal atua.

O principal agente financiador das infraestruturas de P&G foi a Petrobras, que apoiou 59 laboratórios, no valor total de R$ 175,3 milhões e no valor médio de R$ 2,98 milhões por laboratório. As demais fontes financiaram 237 laboratórios de P&G, no valor total de R$ 129,5 milhões e com valor médio de R$ 546 mil.

Em termos de distribuição regional, as infraestruturas que prestam serviços ao setor de petróleo concentram-se no Sudeste (55,6%), como também 71,8% do total da área física instalada e 55,4% dos pesquisadores. Esse resultado está relacionado à produção de petróleo preponderante na região Sudeste, especialmente nas Bacias de Campos e de Santos, que foram responsáveis por 89% da produção brasileira total, em 2013.

Por meio das informações sobre as receitas anuais pode-se avaliar o porte dos laboratórios que prestam serviços ao setor de P&G e comparar com o tamanho dos laboratórios dos demais setores incluídos no programa. No setor de P&G, 50,4% das infraestruturas tiveram receita anual superior a R$ 1 milhão. Nos oito

demais setores avaliados no projeto Mapeamento da Infraestrutura de Pesquisas, os percentuais mais elevados ocorreram em energias renováveis – no qual 16% das infraestruturas tiveram receita superior àquele valor – e no setor de defesa (13,6%). Na faixa superior de receitas – isto é, acima de R$ 5 milhões –, os percentuais de laboratórios com essa receita anual foram de 5,1% para P&G, 4,5% para defesa e 4% para energias renováveis. As infraestruturas de P&G apresentaram, portanto, receitas anuais relativamente maiores que as dos demais setores avaliados.

Outros indicadores de porte dos laboratórios se encontram no valor dos equipamentos e dos custos operacionais anuais. No setor de P&G, 50,4% das infraestruturas dispunham de equipamentos com valor acima de R$ 1 milhão. Entre os demais setores, o de energias renováveis tinha 38% das infraestruturas acima desse valor, e o setor aeronáutico, 35,8%. Quanto ao valor dos custos operacionais anuais, 17,1% das infraestruturas de P&G apresentaram valor superior a R$ 1 milhão, enquanto nos demais setores o maior percentual ocorreu no setor de defesa (11,4%); o terceiro maior percentual foi o do setor aeronáutico (8,8%).

Assim, os laboratórios do setor de P&G são estruturas maiores pelo conceito de receita anual, valor dos equipamentos e custos operacionais anuais. Não obstante, o fato de que somente 5,1% das infraestruturas terem alcançado valor de receitas anuais acima de R$ 5 milhões indica que a estrutura geral do segmento de laboratórios que prestam serviços de P&D para petróleo e gás natural é formada, em alta proporção, por laboratórios de pequeno e médio portes. Essa condição pode ser decorrente do baixo tempo de atividades de grande parte deles, que ainda se encontram em processo de modernização e ampliação para atender ao recente crescimento da demanda originada, principalmente, das explorações de petróleo no pré-sal.

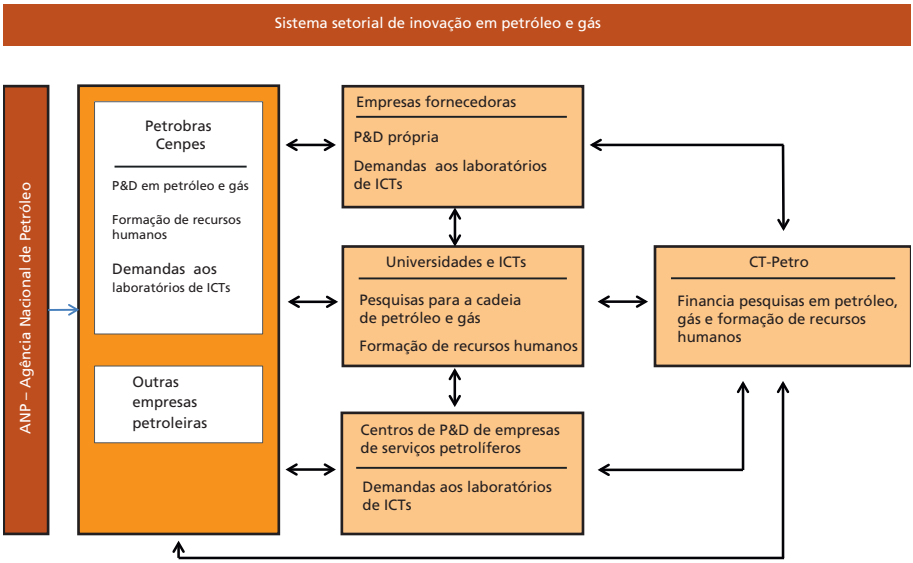
Não obstante o Brasil ter formado sistema de inovação em petróleo que se encontra apto a gerar as tecnologias demandadas pelas complexas condições de E&P de petróleo na plataforma marítima,[22] a constituição desse sistema sob a direção de uma empresa estatal, e não do Estado brasileiro, teve consequências no perfil do parque industrial instalado no país. Fazendo-se comparação com a Noruega – conforme análise na seção 5 –, no período dos últimos 45 anos (1970-2014) de evolução do sistema de inovação em petróleo *offshore* no mundo, esse país se tornou importante exportador de tecnologia *offshore*. Esse resultado foi alcançado por conta da atuação coordenada do Estado norueguês, que incentivou investimentos no parque industrial nacional de petróleo – em cooperação com empresas estrangeiras – e a implantação de universidades e centros de pesquisas especializados em petróleo. No Brasil, contrariamente,

22. Para mais informações a respeito das tecnologias desenvolvidas para a exploração e a produção de petróleo em águas profundas e no pré-sal, ver Petrobras (2012; 2013).

enquanto a Petrobras foi capaz de coordenar o desenvolvimento de tecnologias para o avanço das explorações *offshore*, isso não ocorreu com a indústria nacional. Não houve no país a implantação de *cluster* representativo de empresas de capital nacional com tecnologias avançadas na exploração e na produção de petróleo, como se verificou na Noruega (Ruas, 2011, p. 360).

Finalmente, pode-se resumir como se encontra o sistema de inovação do setor de P&G no Brasil por meio da seguinte figura.

FIGURA 2
Sistema setorial de inovações em P&G



Elaboração dos autores.

No topo do sistema, encontra-se a ANP, com suas atribuições de coordenação da cláusula de investimento em pesquisa e desenvolvimento, pela qual as petroleiras devem investir em P&D o valor correspondente a 1% da receita bruta da produção de campos com alta produção de petróleo.

Em seguida, no segundo estágio do gráfico, como principal petroleira do sistema de inovação em P&G, encontra-se a Petrobras, que atua nesse sistema por meio de três eixos: o Cenpes;[23] a formação de recursos humanos para atuação no setor de P&G por meio da Universidade Corporativa Petrobras; e as interações

23. O Centro de Pesquisas e Desenvolvimento (Cenpes) constitui-se em um dos maiores centros de pesquisa em petróleo do mundo; conta com 227 laboratórios e 8 mil equipamentos e dispunha, em 2013, de 1.959 funcionários, sendo 477 mestres e 241 doutores.

e as ações colaborativas que desenvolve com as ICTs e os centros de pesquisa de empresas prestadoras de serviços para o setor, por meio das redes temáticas.

Cabe ressaltar que, não obstante a condição da ANP como reguladora das atividades de pesquisa em petróleo, a Petrobras continua a liderar o sistema de inovação em petróleo e gás natural no país. Essa liderança deriva tanto da sua competência em P&D como do volume de recursos que tem investido na construção de redes de inovação e na geração de conhecimentos e desenvolvimento de tecnologias em P&G e refino, entre outras áreas em que atua. Essa posição foi reforçada, nesta década, com a transferência que a União fez à Petrobras de grandes campos de petróleo, sem licitação, no contrato de cessão onerosa, em 2010, e na futura transferência do petróleo excedente a esse tipo de cessão – o que foi anunciado em junho deste ano –,[24] além de sua liderança no consórcio que desenvolve o Campo de Libra. Esses campos do pré-sal, com reservas estimadas totais de 27,5 bilhões de barris – as reservas brasileiras atuais são de 16,6 bilhões de barris –, irão gerar grandes demandas de pesquisas na fronteira do conhecimento em petróleo, por se situarem em águas profundas e no pré-sal.

Abaixo da Petrobras em ordem de importância, encontram-se as empresas petroleiras privadas, que apresentam baixa relevância no sistema setorial de inovações, não apenas em decorrência da ainda pequena participação na produção nacional de petróleo – ou seja, em torno de 10% –, mas, especialmente, em função da sua incipiente produção de petróleo em águas profundas e no pré-sal, que são os ambientes que mais exigem investimentos em novas tecnologias de exploração e produção de petróleo.

No terceiro estágio do sistema de inovação em P&G, encontram-se as instituições e firmas geradoras de tecnologias e inovações em articulação com as petroleiras: *i)* as empresas fornecedoras de equipamentos e sistemas, com seus laboratórios de pesquisa; *ii)* as universidades e as ICTs, públicas e privadas; e *iii)* as grandes empresas de serviços petrolíferos, com seus centros de pesquisa em processo de instalação no Brasil, atraídas pelas demandas tecnológicas do pré-sal.

No quarto estágio, como entidade financiadora de todo o sistema – que abrange universidades, centros de pesquisa e empresas –, encontrava-se o CT-Petro, em sua função de financiar atividades de P&D e promover interações entre empresas e ICTs para a formação de recursos humanos e a realização de pesquisas em P&G.

24. Em junho de 2014, o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) anunciou a contratação direta da Petrobras para produzir – sob regime de partilha – os volumes excedentes de hidrocarbonetos que foram verificados em quatro áreas da cessão onerosa, no pré-sal: Búzios, Florim, Entorno de Iara e Nordeste de Tupi. A Petrobras produzirá o petróleo que exceder a produção já contratada original de 5 bilhões de barris.

REFERÊNCIAS

ABDI – AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Referências para a política industrial do setor de petróleo e gás**: o caso da Noruega. Brasília: ABDI, 2011.

ANP – AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Boletim ANP Petróleo e P&D**, n. 5, jan. 2014a.

———. **Boletim ANP Petróleo e P&D**, n. 6, fev. 2014b.

———. **Boletim ANP Petróleo e P&D**, n.9, maio 2014c.

———. **Boletim ANP Petróleo e P&D**, n. 14, out. 2014d.

ASSAYAG, M. I.; FORMIGLI, J.; COELHO, M. V. Águas ultraprofundas no Brasil: os próximos passos para alcançar 3.000 metros. **Revista Brasileira de Tecnologia e Negócios de Petróleo**: química fina, gás e indústria do plástico, Ano III, n. 15, p. 14-28, 2000.

BIJKER W. **Of bicycles, bakelites, and bulbs**: towards a theory of sociotechnical change. Cambridge: MIT Press, 1995.

DANTAS, E.; BELL, M. The co-evolution of firm-centered knowledge and capabilities in late industrializing countries: the case of Petrobras in the Offshores Oil Innovation in Brazil. **Elsevier**, ScienceDirect, v. 39, n. 9, 2011a. Disponível em <http://goo.gl/XGhbbr> Acesso em mar. 2014.

_____. Latecomer firms and the emergence and development of knowledge networks: the case of Petrobras in Brazil. **Elsevier**, ScienceDirect, 2011b. Acessado em mar.2014. Disponível em <http://goo.gl/jc8fTU>.

ENGEN, H. **The development of the Norwegian Petroleum Innovation System**: a historical overview. University of Stavanger, Sueden, 2007. (TIK Working paper on Innovation Studies n. 20070605).

ETZKOWITZ, H.; LEYDESDORFF, L. The dynamics of innovation: from national system and mode 2 to triple helix of university-industry-government. **Research Policy**, v. 29, n. 2, p. 109-200, 2000.

FURTADO, A. T. Mudança institucional e política industrial no setor petróleo. **Revista Eletrônica ComCiência**, 2007.

FREEMAN C. The national system of innovation in historical perspective. **Cambridge Journal of Economics**, v.19, n. 1, 2000.

GODIN.B. **The national innovation system**: the system approach in historical perspective. Project on History a Sociology of STI Statistic. Montreal, Canada 2007. (Working Paper n. 37).

LUNDVAL, B-Ä. **National systems of innovation**: towards a theory of innovation and interactive learning. London: Pinter Publishers, 1992.

MORAIS, J. M. **Petróleo em águas profundas**: uma história tecnológica da Petrobras na exploração e produção *offshore*. Brasília: Ipea /Petrobras, 2013.

ORTIZ NETO, J. B. **O processo de aprendizado tecnológico na trajetória do sistema de produção flutuante empreendido pela Petrobras em seu programa de capacitação tecnológica em águas profundas** – Procap. 2006. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Pós-Graduação em Desenvolvimento Econômico, Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2006.

PETROBRAS. **30 Years of Deepwater technology**. International Communications, Petrobras, 2005.

_____. Inovar para crescer: entrevista com gerente executivo do Cenpes, Carlos Tadeu Fraga. **Fatos e Dados**. Rio de Janeiro, 6 maio, 2011. Disponível em: <http://goo.gl/yvh7Zp>.

_____. **Relatório de Tecnologia 2011**. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **Relatório de Tecnologia 2012**. Rio de Janeiro, 2013.

RUAS, J.A.G. Transformações na concorrência, estratégias da Petrobras e desempenho dos grandes fornecedores de equipamentos *subsea* no Brasil. *In*: **Poder de compra da Petrobras**: impactos econômicos nos seus fornecedores. Brasília: Ipea; Petrobras, 2011.

SILVEIRA, J. P. Fundamentos do Programa de Capacitação Tecnológica em Águas Profundas (Procap). *In:* MORAIS, J. **Petróleo em águas profundas**: uma história tecnológica da Petrobras na exploração e produção *offshore*. Brasília: Ipea; Petrobras, 2013.

SQUEFF, F. H. S.; DE NEGRI, F. **Infraestrutura científica e tecnológica no Brasil**: análises preliminares. Brasília: Ipea, 2014. (Nota Técnica, n. 21).

TURCHI, L.; DE NEGRI, F.; DE NEGRI, J. **Impactos tecnológicos das parcerias da Petrobras com universidades, centros de pesquisas e firmas brasileiras**. Brasília: Ipea; Petrobras, 2013.

VELHO L. Research capacity building for development: from old to new assumptions. **Science, Technology and Society**, v. 9, n. 2, p. 172-207, 2004.

WILLIAMS, I. Pesquisa Tecnológica na Petrobras – a conquista de um objetivo. **Boletim Técnico da Petrobras**, p. 85-98, jan. /mar. 1967.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

ARMANDO, S. Sistemas de produção antecipada na PETROBRAS. *In*: ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE SISTEMAS DE PRODUÇÃO ANTECIPADA. **Anais...** Rio de Janeiro: PETROBRAS/Cenpes, abr. 1983.

DIAS, J.; QUAGLINO, M. **A questão do petróleo no Brasil**: uma história da Petrobras. Rio de Janeiro: FGV; CPDOC/Serinst; Petrobras, 1993.

FONSECA. R. Inovação tecnológica e o papel do governo. **Parcerias Estratégicas**, n. 13, p. 64-79, 2001.

FONSECA, M. G.; LEITÃO, D. M. Reflexões sobre o relacionamento entre o Cenpes e a universidade. **Boletim Técnico da Petrobras**, v. 31, n. 2, abr./jun. p. 165-173, 1988.

FREITAS, A. G. **Capacitação tecnológica em sistemas de produção para águas profundas**. 1993. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1993. Mimeografado.

———. Novo instrumento de política científica e tecnológica no setor petrolífero nacional: a experiência do CT-Petro. **Revista Eletrônica ComCiência**, 2002.

LAND, W. L. C. Pesquisa industrial. **Boletim Técnico da Petrobras**, v. 7, número especial, p. 109-127, fev. 1964.

QUEIROZ. N. M. **Os fundos setoriais de CT&I**: o caso do CT-Petro e sua execução pelo CNPq. 2006. Dissertação (Mestrado) – Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

RIGHI, H. M. **Avaliação dos fundos setoriais**: CT-Petro. Relatório. Brasília: Ipea; MCTI, fev. 2011.

CAPÍTULO 8

INFRAESTRUTURA DE PESQUISA VOLTADA PARA A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Jean Marlo Pepino de Paula[1,2]

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de um país é comumente mensurado por meio de uma combinação de características como transporte, habitação, educação, saúde, comunicação e geração e consumo de energia. Estes elementos envolvem a construção de ativos que necessitam de elevados períodos de maturação, custos iniciais e longevidade, sendo responsáveis por significativos impactos social, ambiental e econômico durante a implantação e, principalmente, ao longo dos respectivos ciclos de vida. Neste caso, os gastos com moradia representaram 12% da renda familiar entre 2002 e 2009 (Ipea, 2010) e, mesmo sendo registrado queda nos últimos anos, em 2011 o *deficit* habitacional[3] representou cerca de 9,0% do total de domicílios estimados em todo o país – ou a necessidade de 5,4 milhões de domicílios (Furtado, Neto e Krause, 2013). Estes impactos são ainda maiores em relação à capacidade financeira das famílias: no mesmo período, os gastos com aluguel comprometeram até 20% da renda familiar do quarto mais pobre da população, e 71% do *deficit* habitacional se concentra na faixa da população com até três salários mínimos de rendimento domiciliar (Ipea, 2010).

Além do comprometimento da renda, as unidades residenciais também se destacam quanto ao uso energético. Em 2012, foram responsáveis por 23,6% do consumo de eletricidade no país, atrás apenas das atividades industriais – 42,1% (EPE, 2013). Tal consumo é frequentemente associado à quantidade e eficiência dos equipamentos presentes nas residências, sobressaindo os aparelhos de ar-condicionado, chuveiros elétricos, refrigeradores e congeladores (*freezers*). Entretanto, a tecnologia utilizada para a concepção e a construção das unidades habitacionais também possui relevante participação neste quesito. Se, por um lado, projetos concebidos sob critérios de conforto térmico contribuem para uma maior eficiência

1. Técnico de planejamento e pesquisa da Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais, de Inovação, Regulação e Infraestrutura (Diset) do Ipea. Erros e omissões são de responsabilidade do autor.

2. O autor agradece pelos comentários e pelas sugestões feitas pelos demais pesquisadores da Diset, em especial Flavia de Holanda Schmidt, João Maria de Oliveira e Luís Fernando Tironi.

3. O cálculo do *deficit* habitacional considera a necessidade de reestabelecimento funcional das habitações, coabitação forçada, ônus excessivo com aluguel e adensamento excessivo em domicílios locados.

energética das edificações, por outro, as construções planejadas para racionalizar o processo construtivo permitem reduzir os impactos sociais, ambientais e econômicos durante sua construção e operação.

Dessa forma, o desenvolvimento da indústria da construção civil contribui diretamente para reduzir o *deficit* de infraestrutura econômica e social e garantir o uso racional e mais eficiente dos recursos envolvidos no seu ciclo de vida. O reconhecimento destas preocupações em diversos países tem resultado numa maior organização do setor em busca de estimular as pesquisas e de garantir a efetiva utilização de inovações, a exemplo da União Europeia. Estes rearranjos envolvem inovações institucionais, participação da indústria, qualificação dos recursos e investimentos em pesquisa e desenvolvimento. Os dois últimos requisitos necessitam, em grande parte, de infraestrutura laboratorial adequada para o desenvolvimento, o aprimoramento e a adaptação das tecnologias para a utilização pelo mercado.

Por isso, este estudo tem por objetivo apresentar e discutir as infraestruturas de pesquisa voltadas para a indústria da construção civil. A seção seguinte apresenta brevemente uma caracterização da indústria da construção, a abordagem da inovação neste setor e os cenários internacional e nacional. Nesta última subseção, foram destacadas as iniciativas e os arranjos realizados na Austrália, na Nova Zelândia, na Europa, no Reino Unido – tendo em vista os diversos estágios das iniciativas para inovação na indústria da construção – e no Brasil. O cenário brasileiro é complementado na seção 3 com a apresentação das características físicas e operacionais da infraestrutura de pesquisa afins e, por fim, a seção 4 finaliza o trabalho com as considerações finais.

2 A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Esta seção busca contextualizar sucintamente a indústria da construção. Para isto, a primeira subseção apresenta suas principais atividades e a composição da cadeia de produção, a segunda subseção discorre sobre a inovação no setor e a última subseção complementa com uma apresentação dos cenários e iniciativas de inovação nacionais e internacionais para a indústria da construção mais relevantes.

2.1 Caracterização da indústria brasileira da construção civil

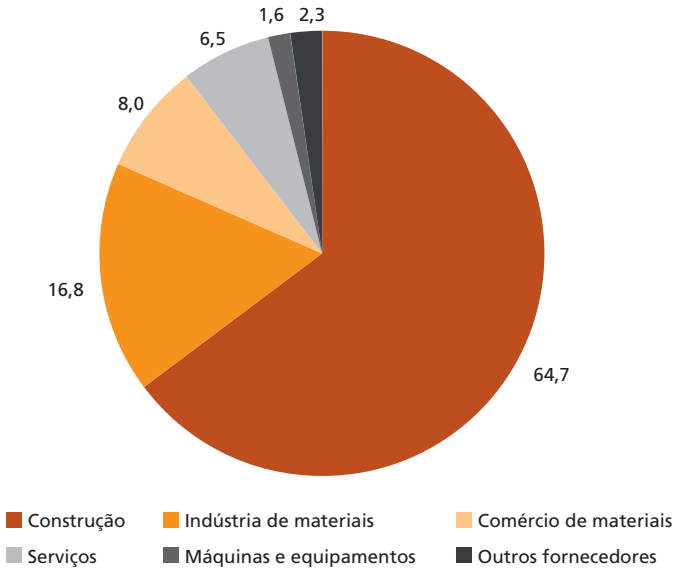
As atividades desenvolvidas na indústria da construção civil são comumente agrupadas em construção de edifícios, obras de infraestrutura e serviços especializados comuns a ambos. O segmento construções de edifícios é composto pelas edificações para usos residenciais, comerciais, industriais, agropecuários e públicos, possuindo um amplo espectro de tamanho e valor. Na Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE), realizada pela Comissão Nacional de Classificação (Concla), a divisão de construção de edifícios considera as firmas que atuam nesta atividade propriamente dita e na sua incorporação. A segunda atividade da indústria da construção é voltada para obras de infraestrutura de transportes, energia, saneamento,

abastecimento, comunicação, industrial e de lazer, possuindo importante participação para o desenvolvimento e o bem-estar da sociedade. Além destas duas, a CNAE agrupa algumas atividades como serviços especiais para a construção, executadas em comum nas edificações e obras de infraestrutura, como demolições, preparação do terreno, fundações, instalações para construções e obras de acabamento.

Ao indicar as divisões que não fazem parte da seção construção (seção F), a Concla destaca outros segmentos que também atuam nesta indústria. São voltados para a produção de insumos ou de elementos mais complexos destinados a obras de edifícios e de infraestrutura, tais como estruturas metálicas (divisão 25), elementos pré-fabricados de madeira (divisão 16), cimento ou outros materiais pré-moldados (divisão 23), a instalação e a reparação de equipamentos incorporados a edificações, como elevadores, escadas rolantes etc., quando realizadas pelas unidades fabricantes (divisão 28), os serviços de paisagismo (divisão 81) e a retirada de entulho e refugos de obra e de demolições (divisão 38).

Apesar de a Concla classificar a indústria da construção em três principais divisões, o produto interno bruto (PIB) da construção é predominantemente composto pelas atividades de construção (64,7%), seguidas da indústria de materiais (16,8%), comércio de materiais (8,0%) e serviços (6,5%), conforme apresentado no gráfico 1.

GRÁFICO 1
PIB da construção segundo a cadeia produtiva
(Em %)



Fonte: Associação Brasileira da Indústria de Materiais de Construção (Abramat) e Fundação Getulio Vargas – FGV (2013).
Elaboração do autor.

Em 2012, mais de 218 mil empresas, predominantemente de pequeno porte, estavam associadas às atividades de construção (seção F da CNAE 2.1). No mesmo ano, foram investidos cerca de R$ 350 bilhões em toda a cadeia produtiva da construção (Dieese, 2013). Somente no setor habitacional, os financiamentos imobiliários cresceram exponencialmente, passando de aproximadamente R$ 6 bilhões, em 2003, para cerca de R$ 150 bilhões, em 2013.[4] Estes valores ilustram o aumento dos investimentos públicos em obras de infraestrutura e em unidades habitacionais a partir do lançamento de dois programas do governo: o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), em 2007, e o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), em 2009 (Dieese, 2013).

2.2 Inovação da indústria da construção

Inicialmente, é importante destacar que, apesar do esforço para dar maior abrangência a este trabalho, grande parte dos estudos e relatórios consultados sobre a inovação na indústria da construção estava voltada para o segmento de edificações – ou os ambientes construídos. Mas mesmo a maioria das pesquisas não sendo direcionada diretamente às obras de infraestrutura, esta atividade também se beneficia dos resultados daquelas pesquisas, tendo em vista que muitas tecnologias e insumos são utilizados em comum em ambas as atividades.

Posto isso, as dificuldades para o desenvolvimento da indústria de construção são sinalizadas por diversos autores e persistem ao longo de décadas, demonstrando sua lenta evolução tecnológica. Blumenschein (2004) resgata alguns fatores apontados por Meseguer (1991) ainda perceptíveis recentemente: *i)* caráter nômade, dificuldade de garantir a constância de materiais, componentes e processos; *ii)* a presença de produtos únicos e não seriados; *iii)* produtos fixos e operários móveis, ao contrário da produção em cadeia (produtos móveis e operários fixos), dificultando a organização e o controle; *iv)* indústria muito tradicional, com grande inércia às alterações; *v)* uso de mão de obra pouco qualificada, com possibilidades de promoção escassas; *vi)* trabalho sujeito a intempéries; *vii)* longo ciclo de aquisição-uso-reaquisição, com pouca repercussão posterior da experiência do usuário; *viii)* emprego de especificações complexas, quase sempre contraditórias e muitas vezes confusas; *ix)* responsabilidades dispersas e pouco definidas; *x)* grau de precisão quanto a orçamentos, prazos, características etc. muito menor que em outras indústrias; e *xi)* ferramentas pouco desenvolvidas.

Abordando especificamente sobre a inovação na construção, Amorim (1996) discorre sucintamente sobre sua importância e as diferentes abordagens para o mercado e para o setor. Em linhas gerais, o "novo" para o mercado diz respeito a

4. Associação Brasileira das Entidades de Crédito Imobiliário e Poupança (Abecip) e Base de Dados da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), a valores constantes em 2013, corrigidos pelo Índice Nacional de Preços da Construção Civil (INCC).

algo que é incorporado e perceptível ao usuário, gerando uma diferenciação dos demais produtos. Pode envolver tanto a agregação de serviços (restaurantes, academias, lazer etc.) como a incorporação de equipamentos (multimídia, automação etc.), que, mesmo não trazendo inovações ao processo de produção, podem, de certa forma, ser um propulsor desta. Já a utilização de novos insumos representa uma inovação maior para os atores do processo construtivo ao trazer vantagens competitivas para construtores e fornecedores de insumos, mesmo representando pouca repercussão para o mercado. Conjugados com soluções de projetos, os insumos podem influenciar significativamente nos patamares de preço, o que permite às empresas diferenciarem seu produto dos demais em um mercado mais competitivo (Amorim, 1996).

Juntamente com Amorim (1996), Seaden e Manseau (2001) e Bygballe e Ingemansson (2011) destacam que a inovação no processo de produção da indústria da construção é um importante fator impulsionador para mudanças no setor. Isto porque a construção civil é reconhecida como uma "indústria de protótipos", onde a variação constante da forma faz com que os ganhos de produtividade estejam tradicionalmente vinculados à intensidade do trabalho, tornando as inovações nos processos e produtos um território ainda inexplorado.

Mais recentemente, CBIC ([s.d.]) caracterizou as inovações na indústria da construção a partir da classificação proposta pelo *Manual de Oslo*. O manual é considerado uma referência internacional para as definições de inovação e pesquisa e desenvolvimento (P&D), compondo uma série de documentos destinados à mensuração e interpretação de dados relacionados à ciência, tecnologia e inovação. Seguindo os quatro tipos de inovação previstos no *Manual de Oslo* (de produto, de processo, organizacional e de *marketing*), as inovações na indústria da construção são agrupadas segundo os aspectos que agregam características de desempenho aos edifícios e que afetam o processo produtivo, os processos internos das empresas e a promoção do produto e sua colocação no mercado.

Adicionalmente, Blumenschein (2004) discorre sobre os vetores que influenciam inovações e mudanças em um setor, dentre os quais está o Sistema Nacional de Inovação (SNI). A autora destaca que esta abordagem é feita pelos países desenvolvidos para integrar os sistemas educacional, legal, institucional, cultural e as preferências dos clientes, entre outros.[5] Considerando a existência de sistemas de inovações específicos a cada cadeia produtiva, o SNI de um país seria composto pela junção destes elementos, normalmente[6] a cargo do Estado. Ainda segundo a

5. A autora atribui o processo de aprendizado a um Sistema Nacional de Aprendizado (SNA), comum em países em desenvolvimento.

6. Nos Estados Unidos, a intensiva participação do mercado se apresentou também na formação de instituições voltadas para aprimorar a produtividade da indústria da construção americana, a exemplo da criação do Construction Industry Institute – CII (Cunningham, 2010).

autora, seu protagonismo poderia impor um maior ritmo de desenvolvimento e direcioná-lo segundo visões de longo prazo, tendo também uma maior prerrogativa para equilibrar os esforços entre as perspectivas social, econômica e ambiental.

Além de instituições e políticas orientadas para a inovação e a necessidade de maior integração entre os atores – conforme destacam Formoso (2002) e Hampson *et al.* (2013) –, a formação de um SNI deve dispor de infraestrutura adequada para pesquisa científica e tecnológica. Para Winch (2005) *apud* Shapira e Rosenfeld (2010) e Milford (2000), a infraestrutura tecnológica e científica – dentre elas a disponibilidade de laboratórios públicos para P&D e centros de extensão tecnológica – possuem uma participação fundamental para o desenvolvimento econômico e a industrialização, tendo em vista o seu importante papel nos países desenvolvidos para viabilizar a interação entre ciência e tecnologia.

Nesse ambiente criativo, Steiner, Cassim e Robazzi (2008) apresentam duas esferas do processo de inovação de um país: aquelas destinadas à geração de conhecimento e à formação de profissionais altamente qualificados e outras que buscam transformar a inovação em riqueza. Enquanto a primeira esfera está claramente representada pelas instituições de ensino, a segunda envolve principalmente a participação das empresas. Entretanto, o progressivo entendimento da importância do contexto em que ocorre a inovação representa um aumento do espaço para a intervenção do Estado, novamente, por meio da elaboração de políticas públicas que, a partir da ação nesse entorno, promovam a competitividade (Freeman, 1988 *apud* Dagnino, 2009).

Steiner, Cassim e Robazzi (2008) também destacam a necessidade de interação entre os setores governamental, privado e acadêmico para o sucesso do processo de inovação. Dagnino (2009) contribui de igual maneira ao comentar que as estruturas que mais se destacam para esta finalidade são os polos e os parques tecnológicos, uma vez que englobam diversos mecanismos para interação academia e mercado. No Brasil, as novas edificações dos parques tecnológicos estão sujeitas a critérios de sustentabilidade e inovação, entretanto, não existem até o momento tais arranjos voltados para o desenvolvimento do setor de construção civil. Existem organizações como os *clusters* e os arranjos de produção local (APLs), mas que se diferenciam por envolver externalidades ligadas à produção.[7]

Assim, é possível identificar duas estruturas de interesse para um SNI no que tange à infraestrutura laboratorial: as ofertantes de conhecimentos avançados (universidades com pós-graduação) e as difusoras de inovação (em especial os polos

7. As externalidades ligadas à produção existem quando as empresas obtêm vantagens pecuniárias ou de localização, enquanto as externalidades tecnológicas existem quando há compartilhamento de tecnologias, divididas em economias de especialização (quando a especialização de uma região favorece a inovação) e economias de diversidade – quando a diversidade de atividades de uma região cria um ambiente propício à inovação – (Rovere e Shehata, 2007).

e os parques tecnológicos). Além do capital intelectual que envolvem, ambas dependem de infraestrutura para desenvolver suas pesquisas acadêmicas e adaptá-las ou aprimorá-las às realidades dos mercados.

2.3 Os cenários nacional e internacional da inovação na construção civil

Esta seção tem como principal referência o estudo realizado por Seaden e Manseau (2001), em quinze países, para tomar conhecimento das formas inovativas que estes assumem para a indústria de construção, sinteticamente apresentadas pelo artigo *Public policy and construction innovation*. Além da consulta a este trabalho, foi realizada uma pesquisa do contexto recente da inovação na indústria da construção na Austrália, na Nova Zelândia, na União Europeia e no Reino Unido, selecionados pelos diferentes estágios em que estes sistemas se encontram.

No início dos anos 2000, Seaden e Manseau (2001) conduziram uma pesquisa em quinze países[8] sobre os caminhos e as políticas públicas voltadas para a inovação na indústria de construção. A seleção dos países participantes não obedeceu a critérios específicos, mas respeitou o interesse e o preparo destes para contribuir com o projeto. Ainda assim, a amostra foi formada com significativa diversidade em relação ao grau de desenvolvimento dos países.

A partir dessa amostra, os autores diferenciaram as formas de inovação na indústria da construção dos países segundo dois tipos de arranjo político/constitucional: centralizado e federativo. Os países que apresentam estruturas centralizadas de governo (Japão, França, Reino Unido, Holanda, Dinamarca e Finlândia) selecionam políticas específicas para atender às necessidades particulares da sociedade. Os autores perceberam também o redirecionamento dos fundos de pesquisa (dos produtos para os processos), as alterações nas práticas de aquisições públicas (para combater a elevação dos preços) e uma maior colaboração entre as empresas do setor e socialização da tecnologia e do conhecimento. Nos países federativos e mais descentralizados (Estados Unidos, Alemanha, Canadá, Austrália e Brasil), a ausência de macrodiretrizes resultou na multiplicação de atores em busca de atender a propósitos específicos. Em relação à organização institucional e à elaboração de políticas públicas, estes países não contavam com representantes claramente definidos no setor público nem empenhados na inovação do setor da construção.

Outra abordagem utilizada por Seaden e Manseau (2001) para caracterizar os países participantes do trabalho utiliza quatro formas de inovação. Países como Estados Unidos, Reino Unido, Canadá e Austrália *acreditam ao mercado* a responsabilidade para alocar os recursos de forma eficiente, por isso os autores consideram que a inovação ocorre devido às oportunidades criadas pela competitividade. Consideram

8. Argentina, Austrália, Brasil, Canadá, Chile, Dinamarca, Finlândia, França, Alemanha, Japão, Holanda, Portugal, África do Sul, Estados Unidos e Reino Unido.

que os governos – mesmo com o significante poder das compras – são somente outro ator do mercado, atuando minimamente para regulá-lo. Contrapondo-se a este modelo, a França, a Alemanha e a Itália *atribuem ao Estado* o papel principal do mercado, que atua na disseminação de tecnologias e regula o mercado, colocando-o como importante parceiro comercial. As políticas de inovação nestes países são consideradas como elemento essencial para a inovação, e as negociações privilegiam o relacionamento de longo prazo.

A flexibilidade no trabalho e a maior sinergia entre a indústria, os trabalhadores e o governo diferenciam o sistema orientado pelo governo do *social-democrático*, segundo os mesmos autores. Este sistema é mais utilizado nos países escandinavos, os quais balanceam os valores sociais, econômicos e ambientais por meio da inovação. No Japão, o sistema denominado *mesocorporativista* privilegia a atuação de grandes corporações e os valores culturais japoneses, considerando-os como importantes direcionadores dos investimentos em inovação. As políticas públicas japonesas são voltadas a grandes empresas com o intuito de aperfeiçoar tecnologias e qualidade, sendo elas resultado de frequentes negociações com estas firmas.

A pesquisa de Seaden e Manseau (2001) permitiu aos autores identificar tendências comuns para a inovação na indústria de construção civil. De forma geral, as estruturas políticas, constitucionais e/ou sociais não criam diferenças radicais entre os países para a indústria de construção. Entretanto, *a estrutura governamental*, *o tipo de sistema nacional de inovação* e *a representação da indústria* influenciam significativamente na percepção da importância do seu desempenho e da necessidade de políticas públicas específicas para o setor.

Segundo os autores, mesmo existindo um realinhamento dos mercados da intervenção estatal para um modelo de competição capitalista, persiste o protagonismo do Estado como principal cliente. Este, por sua vez, degenera a capacidade de inovação do setor, tendo em vista as práticas comumente utilizadas para aquisições, que privilegiam a contratação pelo menor preço, inibindo o uso e a difusão de técnicas, materiais e equipamentos inovadores. No Reino Unido, o setor público tem alterado seus processos de contratação de obras em busca de afastar as contratações pelo menor preço, e no Japão, o governo tem intensificado as contratações do tipo *value engineering system*, que buscam maximizar os benefícios diante dos custos esperados (de Paula, 2013). Assim, a inovação da indústria de construção – principalmente nas obras de infraestrutura – pode ser estimulada por meio da modernização dos critérios para contratação de obras públicas que privilegiem resultados e desempenho de longo prazo.

Conforme lembram Seaden e Manseau (2001), o setor é complexo, e o papel dos atores públicos e a efetividade das intervenções públicas não foram adequadamente direcionados até então. Mesmo existindo grandes empresas globais, os

mercados são dominados por empresas especializadas de pequeno porte, motivo pelo qual as políticas públicas devem se direcionar a elas, requerendo uma capacidade de acomodar tal fragmentação e diversidade de interesses. São mais exitosos os programas com forte participação local, direcionados ao acesso às tecnologias, os arranjos colaborativos e a presença de instituições habilitadas para avaliar novos produtos e processos antes da inserção/utilização destes no mercado. Este último fator de sucesso também foi reforçado por Cardoso (2011), que relaciona, entre as dificuldades de inovação na construção civil brasileira, a ausência de instituições para tal finalidade.

Os pré-requisitos para desenvolver políticas de inovação envolvem, principalmente (Seaden e Manseau, 2001): *i)* o entendimento preliminar dos desafios para o setor; *ii)* o consenso das políticas públicas com a indústria, a qual deve ter seus interesses de inovação devidamente representados por uma instituição; e *iii)* o equilíbrio entre os objetivos de curto e longo horizonte, públicos e privados, visto que discussões puramente tecnológicas aparentemente não apresentam resultados satisfatórios. Adicionalmente, Cunningham (2010) indica também a importância de sistemas para o acompanhamento dos indicadores do setor, envolvimento dos atores privados, públicos e da sociedade.

Uma busca por estudos internacionais recentes sobre inovação na indústria da construção mostrou existir uma significativa atividade de trabalhos com esta finalidade. Apenas o trabalho de Berry (2011) apresenta mais de cem estudos, dentre pesquisas e relatórios afins. No portal *Periódicos Capes*, em maio de 2014, cerca de 260 estudos apresentaram os termos *innovation*, *construction* e *industry* nos respectivos assuntos, sendo 133 elaborados desde 2007. Conforme visto anteriormente, percebe-se em diversos países uma variedade de políticas públicas e arranjos institucionais para fortalecer a inovação na indústria da construção, e os achados de Seaden e Manseau (2001) ainda se mostram atuais quando observadas as práticas presentes em diversos países.

Ainda assim, este estudo optou por discorrer sobre o cenário atual dos sistemas de inovação da Austrália, da Nova Zelândia, da União Europeia e do Reino Unido, apresentados a seguir. Estes países foram selecionados tendo em vista os diferentes estágios de maturação em que se encontram: os dois primeiros em processos iniciais, mesmo que distintos, de implementação do sistema de inovação e os dois últimos pela dimensão do esforço para organizar as iniciativas para inovação nos países europeus e pelo reconhecimento das suas iniciativas respectivamente. Estes quatro casos, juntamente com a apresentação dos atores e iniciativas brasileiras voltadas para o setor ao final desta subseção, buscam contribuir para a elaboração de um Sistema Nacional de Inovação para a indústria da construção brasileira.

2.3.1 Austrália e Nova Zelândia

A política adotada pelo governo australiano tem intensificado a participação do setor privado nas inovações da indústria da construção. O Conselho de Inovação na Indústria da Construção australiano (em inglês: Built Environment Industry Innovation Council – BEIIC) foi criado em 2008, sendo uma instância consultiva para o governo local e que representa os interesses da indústria da construção, composto por representantes das empresas, da comunidade de pesquisadores e das agências governamentais. Em 2010, o BEIIC reiterou a necessidade de maior interação entre o governo e a indústria de construção, e as recomendações do conselho se concentram em quatro temas (BEIIC, 2012):

- melhores práticas: criação de uma instituição voltada para a excelência da indústria da construção, aos moldes do observado no Reino Unido – *United Kingdom's constructing excellence;*
- a atuação na forma de regulação e contratação: aprimoramento dos processos e maior utilização de tecnologias nas contratações públicas;
- desenvolvimento orientado por projetos: criação de instituição capaz de orientar os profissionais e a sociedade para a concepção de edificações e espaços melhores, instituição esta aos moldes do observado no Reino Unido – United Kingdom's Commission on Architecture and Built Environment; e
- maior cooperação nas pesquisas: buscando incentivar a inovação, a produtividade e a competitividade por meio das pesquisas.

Enquanto que o primeiro tema é designado à indústria e o segundo ao governo, o relatório sugere que os demais devem ser desenvolvidos por iniciativa conjunta de ambos. Especificamente em relação à cooperação nas pesquisas, percebe-se a presença de instituições criadas pelos setores público e privado, como o Australian Urban Research Infrastructure Network (Aurin) e os Centros de Pesquisa Cooperativos (em inglês, Cooperative Research Centres – CRC) – como o Sustainable Built Environment National Research Centre (SBEnrc) e o CRC for Low Carbon Living (CRC-LCL), o CRC for Water Sensitive Cities –, além de iniciativas em desenvolvimento e outras encerradas (CRC for Construction Innovation e CRC for Wood Innovations). As recomendações do BEIIC também visam ao auxílio na exposição das tecnologias, ao estabelecimento de métricas para acompanhar o desempenho da indústria e ao aprimoramento e à capacitação de recursos.

A Austrália conta com uma estrutura diversificada de centros de inovação, composta por instituições voltadas para o apoio à comercialização, pesquisa, promoção e divulgação (Fairweather, 2010). Ainda assim, as iniciativas para aprimorar as diretrizes das políticas de pesquisa e desenvolvimento persistem na aproximação

das prioridades públicas e privadas, no estabelecimento de objetivos de longo prazo e no maior envolvimento das esferas governamentais e sinergia das instituições de pesquisa com a indústria da construção (Kraatz e Hampson, 2012).

Tal diversificação dos centros de pesquisa também foi recomendada por Fairweather (2010) para ser adotada na Nova Zelândia. O autor destaca que apenas as atividades que envolvem a comercialização estavam devidamente estabelecidas naquele país. Apesar de existirem centros de pesquisa voltados para a inovação na indústria da construção (Wood Innovation Centre Shanghai, BRANZ e o Department of Building and Housing – DBH), sua divulgação é implícita, e nenhuma das instituições neozelandesas possui um foco setorial. Por isto, realizam pesquisas segundo entendimentos particulares sobre as necessidades e as potencialidades para a economia nacional (Fairweather, 2010; Berry, 2011).

A Branz e as universidades locais são as principais provedoras de pesquisas para o setor na Nova Zelândia, existindo outros consultores e organizações privadas atuantes – como o Centre for Advanced Engineering, o Constructing Excellence, o New Zealand Institute of Economic Research (NZIER), a Infometrics e o Motu and BERL (Berry, 2011). Apesar da importante atuação da Branz como principal referência para o segmento e da presença de uma grande quantidade de organizações realizando pesquisas relevantes, não existe uma instituição que aborde sistematicamente todas as áreas envolvidas e que componha a esfera governamental. As recomendações apresentadas por Berry (2011) para um curto horizonte destacam a necessidade de: *i)* mensurar a produtividade; *ii)* aproximar os pesquisadores e a indústria; *iii)* estabelecer diretrizes; *iv)* divulgar e criar repositórios de práticas e conceitos.

Adicionalmente, Fairweather (2010) contribui para o aprimoramento da inovação na indústria da construção destacando nove funções principais para os centros de pesquisa: coordenação dos objetivos setoriais, estímulo das finalidades, pesquisa, rede, desenvolvimento técnico, estimulo ao desenvolvimento dos projetos, gestão da inovação, divulgação e estratégias setoriais.

2.3.2 União Europeia e Reino Unido

A iniciativa de criação de uma plataforma tecnológica europeia veio alinhada ao intuito de contribuir para atingir as metas estabelecidas pelas diretrizes da União Europeia (especificamente Lisbon, Barcelona e Spring European Councils). Durante o Spring European Concil, em 2003, a criação de plataformas tecnológicas europeias fez parte das recomendações relacionadas ao objetivo de se alcançar uma economia baseada em conhecimento (CEU, 2003), buscando reunir atores com *know-how*, a indústria e as instituições reguladoras e financeiras para desenvolverem uma agenda de tecnologias prioritárias. Assim, diversos segmentos buscaram

se articular por meio de um amplo mapeamento de instituições envolvidas e uma legislação para nortear as diversas iniciativas – em 2007, já existiam 34 *european technology platforms* –ETPs (Idea Consult, 2008).

Na indústria da construção, a European Construction Technology Platform (ECTP) tem desempenhado este papel, reunindo mais de 220 membros distribuídos em todo o continente europeu (ECTP, 2011). Edler e Georghiou (2007) consideraram que a ECTP é uma estrutura bem-sucedida que proporciona o diálogo entre as esferas nacionais e a União Europeia, reunindo atores da indústria, cientistas, instituições financeiras e demandantes.

Em 2011, cerca de 140 projetos, distribuídos em diversas temáticas prioritárias que envolvem a indústria da construção, estavam presentes na respectiva política de inovação (Framework Programmes for Research and Technological Development – FP7). Entre elas, estão as maiores iniciativas em pesquisa e desenvolvimento da agenda de pesquisas (Developing Energy Efficient Buildings and Districts – E2B e Strengthening the Infrastructure Networks of a Sustainable Europe – reFINE), além de iniciativas de destaque como o EurekaBuild,[9] o EurekaBuild2, o Erabuild e a Active Ageing and the Built Environment (em concepção). Em meio a uma revisão da agenda de inovação para o próximo quadriênio (FP8), a ECTP recomendou iniciativas para serem continuadas e/ou inseridas como incentivos a projetos de menor escala, continuidade das parcerias público-privadas e adequação e manutenção de iniciativas envolvendo pequenas e médias empresas (ECTP, 2011).

Fazem parte da ECTP as plataformas nacionais de tecnologia de construção (em inglês, *National Construction Technology Platforms* – NCTPs) de diversos países. Ao todo, foram mapeadas NCTPs em 26 países. Enquanto a ECTP possui a finalidade de definir objetivos de médio e longo prazo comuns para a comunidade europeia, as NCTPs buscam intermediar as atividades de uma agenda de trabalho realizadas por diversas instituições locais. As atividades desempenhadas por estes dois tipos de plataforma são semelhantes, diferenciando-se quanto ao nível de abrangência territorial, mas sendo comum em ambos a busca de parcerias com os diversos atores e setores.

Além da ECTP, outras iniciativas ilustram a maior organização da indústria da construção na comunidade europeia: European Council for Construction Research, Development and Innovation (Eccredi), criado em 1995; Energy Efficient Building European Initiative (E2B EI); e International Council for Research and Innovation in Building And Construction (CIB), formado em 1953. Todas estas instituições buscam representar os interesses de diversos atores e orientar as políticas públicas neste sentido.

9. O projeto EurekaBuild (E!3790 – *Technologies for a sustainable and competitive construction sector*) compõe uma iniciativa do tipo "guarda-chuva" denominado EUREKA Umbrellas, que agrupa setores de negócio ou tecnologias específicas.

A ECTP busca também estabelecer vínculos com ETP de outros segmentos e tem como meta atingir a proporção de dois terços dos investimentos provenientes do setor privado. A exemplo do Reino Unido, em setembro de 2013, o governo britânico anunciou a destinação de £150 milhões (R$ 570 milhões) nos próximos cinco anos para a inovação da indústria da construção. Destes, £60 milhões (R$ 228 milhões) são provenientes da agência britânica de inovação (Technology Strategy Board, especificamente para a plataforma de inovação de construções de baixo impacto – *low impact building innovation platform*), outros £60 milhões (R$ 228 milhões) da própria indústria da construção e £30 milhões (R$ 114 milhões) provenientes de outras agências e instâncias governamentais (United Kingdom, 2013).

Apesar do reconhecimento das ECTPs por Edler e Georghiou (2007), citado anteriormente, Silva (2008) suscita diversos questionamentos quanto a sua dinamicidade, equanimidade e transparência. Tais críticas são resultado da dificuldade de acesso às informações sobre os projetos e os resultados, bem como das defasagens dos documentos publicados. Além disso, a inexistência de um canal de acesso para o cidadão – tanto para as informações dos projetos e seus parceiros como para registrar opiniões – insinua, segundo o autor, uma relegação das vontades da sociedade, sempre citadas como parceiras da iniciativa. A pequena participação dos clientes finais, juntamente com as pequenas e médias empresas, também foi ressalvada negativamente por Idea Consult (2008).

Além da eficiência da comunicação e sua própria difusão, a capacidade de aplicação das suas ideias na prática, acomodação de todos os setores envolvidos e pragmatismo são os motivos que levaram Silva (2008) a considerar a Constructing Excellence (CE) como um modelo para a indústria da construção. A Constructing Excellence foi criada a partir dos trabalhos de Latham (1994) e Fairclough (2002), resultando em uma iniciativa da indústria da construção para promover mudanças necessárias (Constructing excellence in the built environment).[10] Em março de 2014, a CE era composta por 84 membros no âmbito nacional e mais de quinhentos associados a nove "clubes" regionais – voltados principalmente para as pequenas e as médias empresas –, atuando principalmente como *think tank* setorial e na promoção de tecnologias.

Por meio dessa rede, a CE busca articular o setor entre clientes, empresas, instituições e pesquisadores nacionais e internacionais. Em 2012, a rede de intercâmbio internacional estava presente em 26 países – quatro deles formalmente estabelecidos –, e o interesse em participar dos mercados da China, do Oriente Médio, da Indonésia e da Índia (CE, 2013).

10. Mais informações em: <http://constructingexcellence.org.uk/>.

Tal protagonismo dado por Silva (2008) à CE também pode ser notado a partir das iniciativas australianas, vistas anteriormente. A maior publicização das informações por meio da internet, de eventos, publicações, informativos diários em diversas áreas e sua eficiência organizacional – que dá maior eficácia e agilidade às iniciativas – associaram ao CE um *status* tecnológico, inovativo, produtivo, competitivo e de influência, alcançando as mais altas instâncias decisórias nos setores público e privado (Silva, 2008).

À mesma época da publicação dos relatórios que fomentaram a criação da CE, o governo britânico deu início a uma agenda de reforma para a indústria da construção abrangendo as esferas nacional e regional (Cunningham, 2010). Entre as recomendações estavam:

- o engajamento do Estado para promover e regular a indústria da construção, garantindo a articulação entre os atores por meio de uma organização institucional central;
- a publicação de uma ampla variedade de métodos de acompanhamento da produtividade das empresas e do setor, guias e melhores práticas para projetos, contratações e processos de construções;
- revisão da legislação e padronização das formas de contratação para clarificar obrigações e minimizar disputas judiciais;
- divulgação por meio de demonstrações, organizações regionais, internet, eventos e informativos; e
- criação de competições tecnológicas nas esferas nacionais, regionais e locais, buscando aproximar os vencedores do processo de implementação da tecnologia e divulgar as experiências obtidas.

2.3.3 Brasil – atores e iniciativas voltadas para a indústria da construção

Segundo Amorim (1996), a reestruturação do setor de construção nacional sugerida por Prochnik (1987) foi impulsionada no setor de edificações pela súbita redução do financiamento estatal, que colocou as empresas na rota da reorganização e inovação tecnológica para garantir a lucratividade a partir de uma maior produtividade. Conforme também ressalta Pereira (2008), os maiores ganhos das construtoras eram provenientes não da construção em si, mas decorrentes da sobrevalorização dos terrenos, explicando o súbito desinteresse pelos ganhos advindos da maior produtividade.

Na década de 1990, o valor agregado nas construções se concentrava nos setores produtivos de materiais de construção, resultado do maior progresso técnico em relação aos processos de construção (Prochnik, 1987 *apud* Amorim, 1996).

Tal fato fora identificado por Amorim já no início da década de 1980, quando os investimentos estrangeiros em materiais representavam um forte indicativo de sua lucratividade e competitividade. Anos mais tarde, a organização dos subsetores da indústria da construção mostrou um maior preparo, visto que, mesmo havendo pouca diferenciação dos produtos de um mesmo subsetor, surgiria uma maior concorrência intrassubsetorial (Amorim, 1996).

Apesar desse avanço, a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico recentes na construção civil ainda são realizados pelos fabricantes de materiais e sistemas construtivos, seguidos das firmas incorporadoras e construtoras e das universidades e institutos de pesquisa atuantes na área de construção ou em áreas de interface (CBIC, [s.d.]). Por isso, a Câmara Brasileira da Indústria da Construção destaca que as empresas continuam absorvendo as inovações por meio do desenvolvimento de materiais e sistemas construtivos, seguida por inovações em projeto e inovações de gestão/processo em terceiro lugar.

Conforme comentado, o desenvolvimento dos insumos no país teve nas empresas multinacionais a grande fonte das inovações, as quais buscavam adaptar e introduzir tecnologias já desenvolvidas em outros países. Com o passar dos anos, estas e outras pesquisas começaram a ser desenvolvidas no Brasil – como as tecnologias de concreto e revestimentos –, mas a falta de alinhamento das iniciativas nos ambientes acadêmico, empresarial e governamental é sinalizada atualmente como um dos fatores que dificultam o desenvolvimento do setor (CBIC, [s.d.]).

De forma geral, também nos anos 1990, a política brasileira de ciência e tecnologia privilegiou a criação de infraestruturas de pesquisa, período em que foram criadas instituições ainda relevantes atualmente, como o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep). Em seguida, as iniciativas se voltaram da formação de uma infraestrutura de pesquisa para uma maior integração com a política industrial, buscando estimular as empresas por meio de financiamentos diretos e de maior interação com institutos de pesquisa e universidades (Pereira, 2008).

Segundo Pereira (2008), atualmente existe um complexo Sistema Nacional de Desenvolvimento Científico, Tecnológico e de Inovação, formado por entidades com diversas formas de atuação. Entre elas, estão organizações não governamentais, como a Associação Brasileira das Instituições de Pesquisa Tecnológica (Abipti), a Associação Nacional de Pesquisa, Desenvolvimento e Engenharia das Empresas Inovadoras (Anpei), a Associação Nacional de Entidades Promotoras de Empreendimentos Inovadores (Anprotec), o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae), o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

(Senai) e o Instituto Euvaldo Lodi (IEL), estes dois últimos integrantes do Sistema Confederação Nacional da Indústria (CNI).

Em relação às iniciativas voltadas especificamente para as inovações em edificações e obras de infraestrutura, adicionam-se a Câmara Brasileira da Indústria da Construção, a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), a Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (Antac) e os Sindicatos da Construção estaduais (Sinduscon). A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), o Ministério das Cidades e a Eletrobras também vêm promovendo a modernização da indústria da construção por meio do estabelecimento de normas e da criação de programas que estimulam o melhor desempenho das construções. A tabela 1 traz as principais iniciativas de âmbito nacional voltadas para a indústria da construção, agrupadas segundo suas finalidades.

TABELA 1
Iniciativas voltadas para a indústria da construção agrupadas segundo sua finalidade

Instituição	Iniciativas	Finalidade
Finep	Programa Habitare (1995-2007) Financiamentos para as áreas de saneamento ambiental e habitação (2009-2010)	Disseminação tecnológica e incentivo à P&D
ABDI	Projeto Agendas Tecnológicas Setoriais Estudo Prospectivo Setorial da Construção Civil (EPS-CC) Panorama Setorial da Construção Civil	Estudos setoriais prospectivos
CBIC	Projeto Inovação Tecnológica (PIT)	Organização setorial
Antac	Plano Estratégico para Ciência, Tecnologia e Inovação na Área de Tecnologia do Ambiente Construído com Ênfase na Construção Habitacional	Política setorial
Ministério das Cidades	Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade (PBQP-H)	Qualidade e *performance*
Eletrobras	Procel Edifica	
ABNT	Normas diversas	Normatização

Fonte: Adaptado de Cardoso *et al.* (2001).
Elaboração do autor.

Um levantamento realizado por Cardoso (2011) sobre as pesquisas em desenvolvimento no país indica a grande diversidade dos temas, bem como seu alinhamento aos interesses dos agentes públicos e privados, e a dispersão física dos centros de pesquisa. Entretanto, o autor não identifica o desenvolvimento de novos conceitos de produtos que tenham integração com a produção de mercado, existindo uma baixa incidência de temas relacionados à inovação ou à transformação destes projetos de pesquisa em produtos e processos inovadores. Adicionalmente, o trabalho destaca diversos esforços para o desenvolvimento do setor, mas enfatiza a carência

de uma política pública que defina uma estratégia mais ampla de CTI e traga um maior alinhamento entre os ambientes acadêmico, empresarial e governamental.

A exemplo do Reino Unido, os centros de pesquisa responsáveis pela disseminação tecnológica são as principais estruturas no processo de inovação. No Brasil, aqueles voltados para inovação estão localizados predominantemente nas universidades que oferecem cursos de pós-graduação para o desenvolvimento de pesquisas acadêmicas. Também se destaca o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), os poucos APLs relacionados à construção civil – como pedras ornamentais, mineração e cerâmica – e as atividades desenvolvidas em determinados parques tecnológicos. Conforme comentado, apesar de todos estarem sujeitos a normas de edificação sustentáveis, entre os 74 parques tecnológicos distribuídos no país, nenhum se consolidou na temática de construção civil. Existem em operação apenas dois que acomodam parceiros voltados para a indústria da construção civil: o Núcleo de Tecnologia Industrial (Nutec), no Ceará, e o Parque Tecnológico Ulbratech, no Rio Grande do Sul (Anprotec, 2008), além das propostas para a criação de mais um parque tecnológico para pesquisas que envolvem a construção civil em Goiânia (Goiânia..., 2013) e do primeiro parque tecnológico brasileiro dedicado à indústria da construção, em Brasília (Wilde, 2011).

3 CARACTERÍSTICAS DA INFRAESTRUTURA DE CT&I NACIONAL VOLTADA PARA A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

Milford (2000) destaca que o distanciamento entre as capacidades produtivas e de assimilação técnica é provavelmente um dos motivos para o declínio das indústrias nos países em desenvolvimento. Nos países desenvolvidos, o autor enfatiza que este relacionamento possui um forte laço que envolve diversas instituições, entre as quais se destacam os laboratórios públicos para P&D.

Observando esta importância, as subseções seguintes apresentam as características físicas e operacionais dos principais laboratórios brasileiros voltados para a indústria da construção. Estas informações foram obtidas por meio de um questionário respondido pelos respectivos coordenadores, igualmente aplicado a infraestruturas de outros segmentos,[11] selecionados para os estudos do projeto Sistema Nacional de Inovação e Infraestrutura de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) no Brasil realizado em parceria pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), CNPq e Ipea.

Os resultados gerais preliminares do projeto foram apresentados por De Negri e Squeff (2014), utilizados como principal referência para comparação

11. O projeto CT&I no Brasil englobou as principais infraestruturas de pesquisa voltadas para petróleo e gás, defesa, aeronáutica, tecnologias da informação e comunicação (TICs) e energias renováveis e construção civil.

dos dados referentes às infraestruturas de pesquisas voltadas para a construção civil. Desta forma, a subseção a seguir apresenta a metodologia utilizada para selecionar os laboratórios participantes deste trabalho e as subseções seguintes apresentam os resultados obtidos.

3.1 Metodologia para o mapeamento e a seleção das infraestruturas e instituições

A identificação inicial das instituições que seriam alvo da coleta de dados do trabalho referenciou-se nas informações sobre os grupos de pesquisa cadastrados no CNPq para identificar aqueles envolvidos com pesquisas voltadas para a construção civil. A base de dados disponibilizada pelo CNPq reúne os grupos de trabalho cadastrados e atualizados até fevereiro de 2010. Àquela data, era composta por cerca de 23,7 mil grupos de pesquisa distintos, reunindo informações individuais sobre a área e a subárea de atuação, especificação da área, área de conhecimento, instituição vinculada, quantidade de empresas e pesquisadores vinculados, assim como o nome e uma breve descrição do grupo.

O primeiro filtro para a seleção das instituições-alvo do estudo utilizou os registros sobre as grandes áreas e subáreas de atuação e as áreas de conhecimento e de especialização. A avaliação dos dados foi iniciada pela seleção das grandes áreas relacionadas à construção civil e, quando disponíveis, das subáreas a elas associadas, conforme apresentado da tabela 1 do anexo. Para identificar grupos de pesquisa multidisciplinares também relacionados com a construção civil – que atuam em outras grandes áreas e subáreas –, os dados sobre as áreas de conhecimento e especialização foram avaliados separadamente. Entre os registros sobre a área de conhecimento, foram identificados quinze relacionados à construção civil, apresentados na tabela 2 do anexo. Dada a diversidade de especializações, nestes registros foi realizada uma busca de palavras-chave inteiras ou fracionadas, como "constru", "madeira", "ciment", aço, "estrutura", "cerâmic", "projet" e "resíduo". Desta forma, a aplicação deste primeiro filtro permitiu selecionar 4.760 grupos de pesquisa e 341 instituições com ao menos um tipo de afinidade nos registros sobre a área, subárea, área de conhecimento e especialização dos grupos de trabalho.

Para identificar os potenciais grupos de pesquisa que utilizam infraestrutura laboratorial, um segundo filtro realizou uma busca por palavras-chave – seguindo os critérios utilizados anteriormente – sobre os registros de nomes e descrições dos 4.760 grupos de pesquisa selecionados pelo primeiro filtro. Este filtro resultou na identificação de 184 grupos de pesquisa em 67 instituições com afinidade em ao menos um destes campos, considerados como grupos de pesquisa específicos para a indústria da construção, conforme apresenta a tabela 3.

Além dos números de grupos de pesquisa e de instituições, os dados do CNPq disponibilizaram as quantidades de empresas e de pesquisadores vinculados

aos grupos de pesquisa, permitindo classificar as 67 instituições selecionadas no segundo filtro segundo as quantidades de empresas e de pesquisadores vinculados. Para ilustrar o resultado desta seleção, a tabela 2 destaca apenas as cinco instituições que se destacaram com as maiores quantidades de empresas participantes, de pesquisadores e de grupos de pesquisa.

TABELA 2
Quantidade de pesquisadores, empresas e grupos de pesquisa entre as cinco instituições que mais se destacaram no levantamento preliminar de infraestruturas de pesquisa

Instituições	Empresas	Pesquisadores[2]	Grupos de pesquisa
USP	83	1.301	86
UFRJ	47	1.048	59
UFRGS	78	914	60
Unesp	45	811	46
Unicamp	28	747	42
UFSCAR[1]	50	270	18

Fonte: CNPq.
Elaboração do autor.
Notas: [1] A UFSCAR foi incluída na relação por estar entre as cinco instituições com maior número de empresas vinculadas aos grupos de pesquisa voltados para a indústria da construção.
[2] As quantidades acima podem representar a duplicação de um pesquisador ou empresa em mais de um grupo de pesquisa.

A partir dessa classificação, foram selecionadas, em um terceiro filtro, para participar do estudo aquelas instituições com interação com o setor – com ao menos uma empresa vinculada por meio dos grupos de pesquisa; que oferecem pós-graduação; com cinco ou mais pesquisas relacionadas à indústria da construção; e com ao menos uma instituição por região. Desta forma, 48 instituições foram selecionadas para participarem deste trabalho sobre infraestrutura de pesquisa. A identificação das infraestruturas vinculadas a estas instituições e voltadas para pesquisas na indústria da construção foi realizada por meio de busca direta na internet, permitindo reunir informações sobre os coordenadores e o contato de 140 infraestruturas.

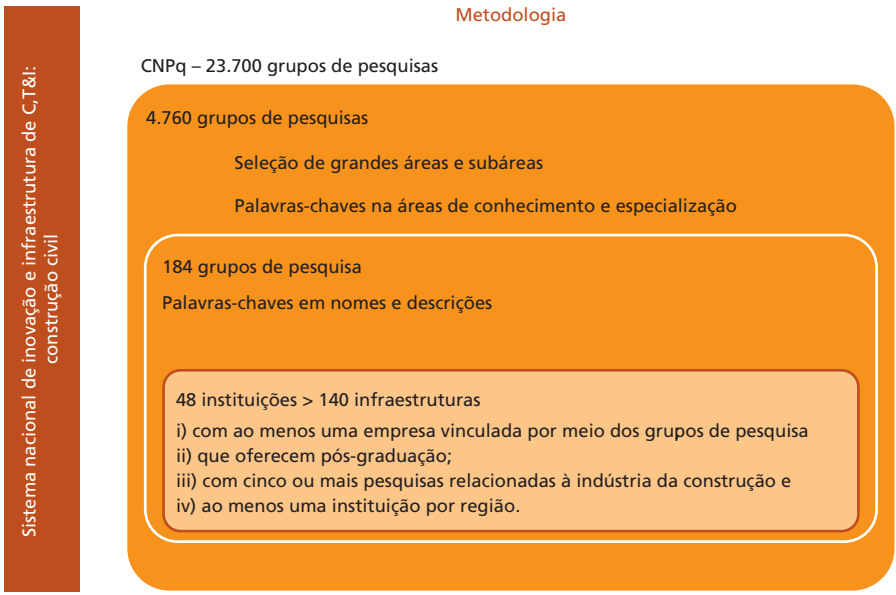
TABELA 3
Quantidade de grupos, instituições, empresas e pesquisadores cadastrados nos grupos de pesquisa do CNPq segundo a afinidade com a indústria da construção civil (fev./2010)

	Cadastrados	Primeiro filtro	Segundo filtro	Terceiro filtro
Grupos	23.699	4.760	184	140
Instituições	436	341	67	48

Fonte: CNPq.
Elaboração do autor.

O processo interativo de mapeamento inicial das instituições que foram contactadas para participar da pesquisa pode ser resumidamente apresentado pela figura 1.

FIGURA 1
Apresentação esquemática dos critérios para seleção das instituições participantes da pesquisa



Elaboração do autor.

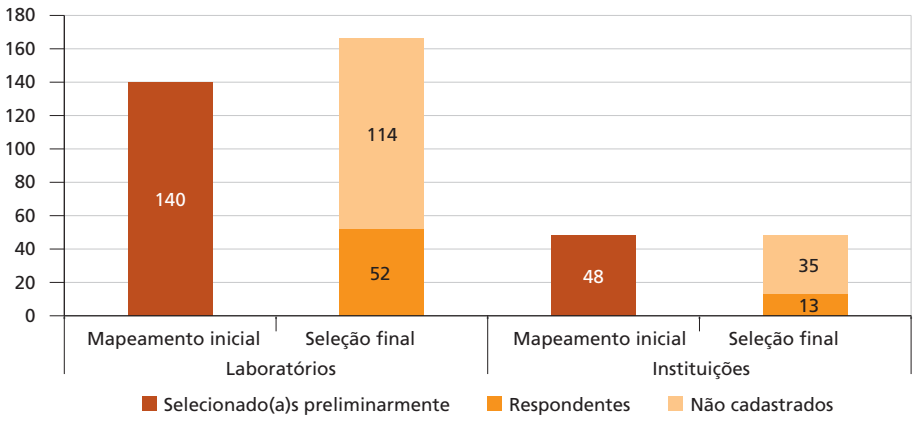
Essas informações foram utilizadas pelo CNPq para enviar aos dirigentes das instituições e aos responsáveis pelas infraestruturas uma carta de apresentação do projeto e o endereço de acesso para um questionário. Oportunamente, foi solicitado que realizassem uma verificação preliminar das infraestruturas relacionadas para indicar possíveis necessidades de atualização e correção dos nomes, departamentos vinculados e respectivos coordenadores, bem como o cadastramento de outras infraestruturas afins. O questionário, por sua vez, teve como propósito coletar os dados sobre a identificação, as características das suas instalações físicas, dos equipamentos, dos recursos humanos, das atividades desenvolvidas, das cooperações e informações financeiras e sobre a acreditação das respectivas infraestruturas.

Tal etapa resultou em um aumento significativo do número de infraestruturas em diversas áreas, sendo oportuno realizar uma nova avaliação dos dados para reavaliar o grupo de infraestruturas e instituições envolvidas com pesquisas para a indústria da construção. A primeira revisão identificou as infraestruturas apenas

pela afinidade do nome da infraestrutura com a indústria da construção e teve por objetivo acompanhar o preenchimento dos questionários. Nesta etapa, foram identificadas 88 infraestruturas voltadas para a indústria da construção; mas outros 114 mapeamentos preliminarmente, porém, não estavam presentes na relação de infraestruturas enviada pelas instituições. Um novo convite foi encaminhado aos responsáveis destas infraestruturas não cadastradas e aos daquelas cadastradas que não haviam concluído o preenchimento do questionário e encaminhado os dados para o CNPq antes do prazo final estabelecido (16 de dezembro de 2013). Ao final, nenhuma outra infraestrutura foi cadastrada, e todos as citadas 88 infraestruturas concluíram as etapas de preenchimento e enviaram os questionários para o CNPq.

Em seguida, os dados coletados por meio do questionário possibilitaram realizar uma segunda revisão mais pormenorizada de todas as 1.764 infraestruturas da base de dados. Procedeu-se a uma nova verificação dos registros das áreas (grande área, subárea e área de conhecimento) e descrição das infraestruturas. A diversidade de atividades e de setores envolvidos na cadeia da indústria da construção[12] resultou na necessidade de um maior rigor na seleção das infraestruturas a serem estudadas. Por meio dos registros sobre o setor de atividade, foram selecionados aqueles relacionados diretamente ao processo de construção, apresentados na tabela 5. Como resultado desta última avaliação, 52 infraestruturas foram identificadas em 23 instituições, conforme mostra o gráfico 2.

GRÁFICO 2
Número de instituições e infraestruturas mapeadas
(Em unidades)

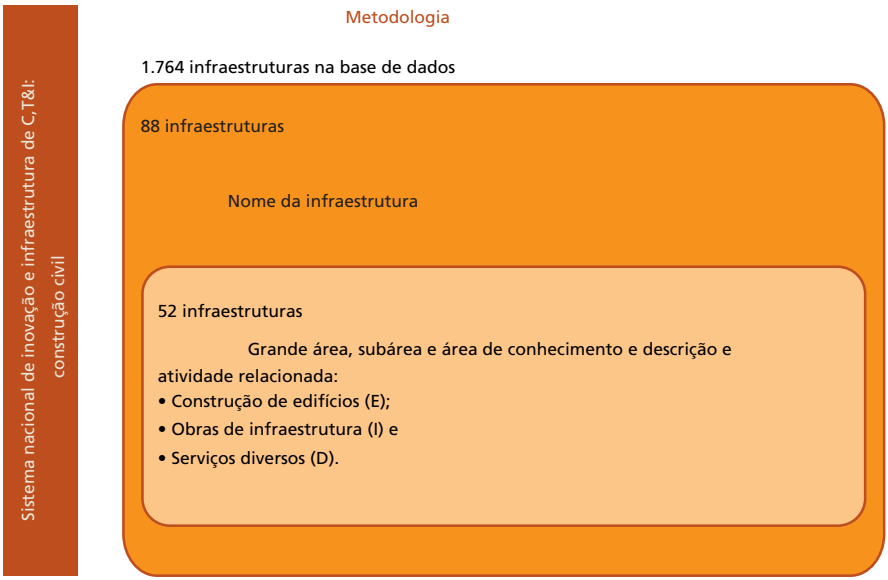


Fonte: CNPq/MCTI/Ipea.
Elaboração do autor.

12. A exemplo de pesquisas relacionadas à extração de insumos, equipamentos, apoio e informática.

Esse procedimento de seleção interativa das instituições na base de dados do projeto pode ser resumido conforme apresenta a figura 2.

FIGURA 2
Apresentação esquemática dos critérios para seleção das instituições presentes na base de dados objeto do estudo



Elaboração do autor.

Dessa forma, a descrição e a análise dos resultados realizados a seguir estão fundamentadas nas informações sobre 52 infraestruturas, adquiridas por meio do questionário aplicado pelo CNPq/MCTI/Ipea. Estas informações serão organizadas de forma a discorrer sobre os dados gerais, recursos humanos, atividades desenvolvidas e a situação atual, tendo como referência a percepção de cada respondente, seus coordenadores.

3.2 Características gerais da infraestrutura de pesquisa

Uma primeira caracterização do grupo de infraestruturas voltadas para pesquisas na indústria da construção refere-se ao tipo de atividade e às áreas de conhecimento em que atuam. Todas as 52 infraestruturas selecionadas foram associadas, pelos respectivos coordenadores, a atividades laboratoriais[13] e a três grandes áreas de conhecimento (48 instituições associadas a engenharias, três a ciências exatas

13. A pesquisa permitiu classificar as atividades da infraestrutura como estação ou rede de monitoramento, laboratório, navio de pesquisa ou laboratório flutuante, observatório e planta ou usina-piloto.

e uma a ciências biológicas). Além da interação com outras áreas e do rigor metodológico e teórico que determinam a qualidade das pesquisas, a confiabilidade na infraestrutura para pesquisa também representa a credibilidade dos estudos desenvolvidos. A esse respeito, os coordenadores informaram que 92,3% destas infraestruturas foram acreditadas.

No Brasil, Pereira (2008) comenta que o desenvolvimento dessas infraestruturas ocorreu, de maneira geral, até o início dos anos 1990. Entretanto, a criação dos laboratórios voltados para a indústria da construção civil foi intensificada a partir desta época. Apesar de algumas infraestruturas informarem o início da operação antes de 1970, cerca de 77% iniciaram a partir de 1990, conforme destacado na tabela 4. Os laboratórios associados à grande área de ciências exatas e da Terra apresentaram idade média de 12,5 anos, inferior em relação aos associados à engenharia (23,1 anos).

TABELA 4
Número de laboratórios segundo o ano de início de operação

Início de operação	Número de laboratórios	(%)
Antes de 1970	2	3,9
De 1970 a 1979	6	11,5
De 1980 a 1989	4	7,7
De 1990 a 1999	14	26,9
De 2000 a 2009	11	21,2
De 2010 a 2012	15	28,9

Fonte: CNPq/MCTI/Ipea.
Elaboração do autor.

Conforme comentado, a seleção dos laboratórios respeitou critérios de afinidade dos registros identificados por meio da identificação de termos-chave com a indústria da construção em diversos campos. Esta seleção resultou na abrangência dos seguintes setores de atividade listados na tabela 5.

TABELA 5
Quantidade de laboratórios e instituições por setor de atividade, com repetição[1]

Setor	Laboratórios	(%)	Instituições	(%)
Construção de edifícios (E)	19	36,5	11	21,2
Outros serviços especializados para construção (D)	10	19,2	9	17,3
Construção de rodovias, ferrovias, obras urbanas e obras de arte especiais (I)	9	17,3	8	15,4
Serviços de arquitetura e engenharia; testes e análises técnicas (E/I)	9	17,3	6	11,5
Construção de outras obras de infraestrutura (I)	6	11,5	5	9,6

(Continua)

(Continuação)

Setor	Laboratórios	(%)	Instituições	(%)
Obras de infraestrutura para energia elétrica, telecomunicações, água, esgoto e transporte por dutos (I)	6	11,5	6	11,5
Serviços de arquitetura e engenharia e atividades técnicas relacionadas (E)	6	11,5	4	7,7
Serviços especializados para construção (D)	4	7,7	4	7,7
Demolição e preparação do terreno (D)	2	3,8	2	3,8
Instalações elétricas, hidráulicas e outras instalações em construções (E)	2	3,8	2	3,8
Obras de acabamento (D)	2	3,8	2	3,8
Obras de infraestrutura (I)	2	3,8	2	3,8

Fonte: CNPq/MCTI/Ipea.
Nota: [1] O questionário permitiu a associação de cada infraestrutura a mais de um setor de atividade, resultando na repetição de infraestruturas em determinados setores.
Obs.: Construção de edifícios (E), obras de infraestrutura (I) e serviços diversos (D).

Entre os doze setores apresentados na tabela 4, quatro se destacaram pela quantidade de laboratórios e instituições associadas: construção de edifícios; construção de rodovias, ferrovias, obras urbanas e obras de arte especiais; outros serviços especializados para construção; e serviços de arquitetura e engenharia, testes e análises técnicas.

Esses resultados também ilustram a maior recorrência de estudos voltados para a área de edificações, conforme comentado na subseção 2.2. Cerca de 70% dos laboratórios foram associados a pesquisas voltadas para a construção de edifícios (E), enquanto que os segmentos de obras de infraestrutura (I) e serviços diversos (D) estão presentes em menos da metade dos laboratórios da amostra. Apesar disso, em mais de 90% das instituições, são desenvolvidos estudos voltados para a construção de edifícios e obras de infraestrutura e em 73,9%, pesquisas voltadas para serviços diversos, conforme apresenta a tabela 6.

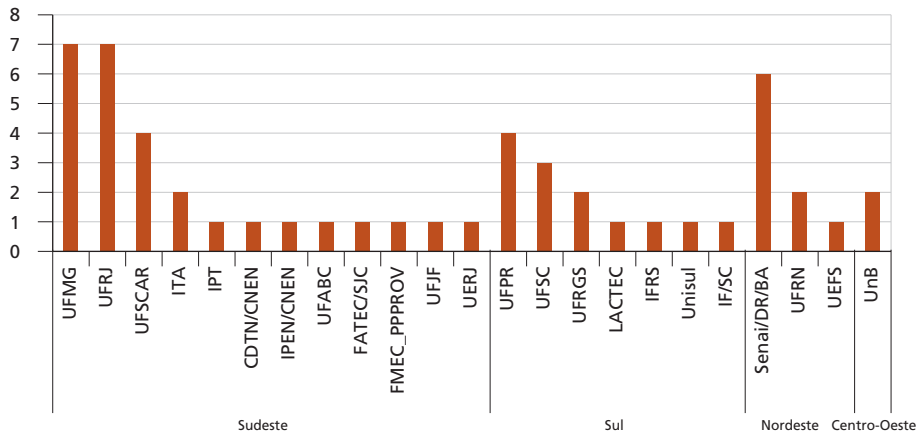
TABELA 6
Quantidade de laboratórios e instituições segundo o principal segmento envolvido, com repetição[1]

Segmento	Laboratórios	(%)	Instituições	(%)
Construção de edifícios (E)	36	69,2	23	100,0
Obras de infraestrutura (I)	23	44,2	21	91,3
Serviços diversos (D)	18	34,6	17	73,9

Fonte: CNPq/MCTI/Ipea.
Nota: [1] O questionário permitiu a associação de cada infraestrutura a mais de um setor de atividade, resultando na repetição de infraestruturas em cada segmento.

Apenas duas instituições são organizações privadas, fazendo com que os recursos utilizados para a criação e a manutenção das infraestruturas em estudo sejam predominantemente públicos. Entre as 23 instituições selecionadas, destacaram-se a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai)/Diretoria Regional da Bahia pelo maior número de laboratórios cadastrados, conforme mostra o gráfico 3. No mesmo gráfico, é possível também constatar a dispersão física dos centros de pesquisa no território brasileiro apontada por Cardoso (2011). Entretanto, os laboratórios voltados para a indústria da construção e as respectivas instituições estão concentrados na região Sudeste, seguida das regiões Sul, Nordeste e Centro-Oeste. Apesar de a metodologia para o mapeamento preliminar das instituições relevantes para a indústria da construção incorporar critérios para formar uma amostra representativa de todas as regiões brasileiras, ao final não foi identificado nenhum laboratório cadastrado com afinidade para a construção civil na região Norte.

GRÁFICO 3
Número de laboratórios por instituição, agrupados por região

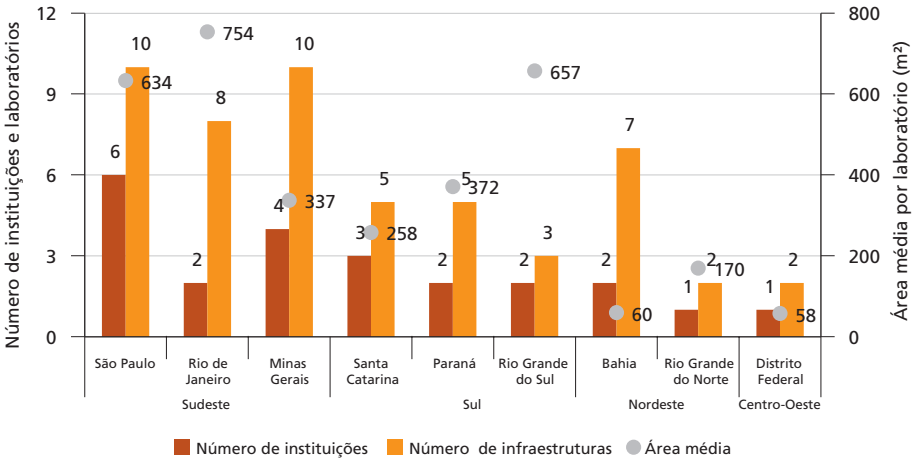


Fonte: CNPq/MCTI/Ipea.
Obs.: CDTN/CNEN – Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear/Comissão Nacional de Energia Nuclear; Lactec – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (Institutos Lactec); e FUMEC – Fundação Mineira de Educação e Cultura.

Os laboratórios de pesquisa na indústria da construção cadastrados se concentraram nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, conforme mostra o gráfico 4. Ao todo, a área física dos laboratórios selecionados somaram 21.733 m², concentrados principalmente nos estados de São Paulo (6.335 m²) e do Rio de Janeiro (6.030 m²). A partir dos dados apresentados por De Negri e Squeff (2014), percebe-se que a área física média das infraestruturas voltadas para a indústria da construção civil (418 m²) é o dobro da média nacional (205 m²).

Os dados permitiram também agrupar os laboratórios em três grupos: com mais de 600 m², entre 200 m² e 400 m² e com até 200 m². O primeiro grupo é formado pelos laboratórios localizados no Rio de Janeiro (oito infraestruturas; duas instituições), Rio Grande do Sul (três; duas) e São Paulo (dez; seis). O segundo grupo é formado pelos laboratórios do Paraná (cinco; duas), Minas Gerais (quatro; quatro) e Santa Catarina (cinco; três). O último, por laboratórios do Rio Grande do Norte (duas; uma), Bahia (sete; duas) e Distrito Federal (duas; uma).

GRÁFICO 4
Número de infraestruturas e instituições e área média por Unidade da Federação



Fonte: CNPq/MCTI/Ipea.

Esses resultados mostram que as pesquisas realizadas na indústria da construção civil envolvem laboratórios de grandes dimensões. Isto porque no estudo na área de estruturas das construções, por exemplo, são necessários grandes equipamentos para ensaios físicos, mecânicos e até aerodinâmicos de protótipos em diversas escalas. Ainda assim, áreas como as de estudos de materiais e revestimentos utilizam espaços relativamente menores para desenvolver pesquisas sobre as propriedades dos insumos e de novos materiais e compostos.

Por vezes, os estudos também envolvem a utilização de laboratórios de outras áreas, a exemplo das análises químicas, biológicas e de propriedades micro e nanoestruturais. Da mesma forma, os laboratórios típicos de pesquisas para a indústria da construção também são utilizados por outras áreas e diversos usuários. Na amostra, menos de 10% (cinco) dos laboratórios declararam atuar em mais de uma grande área (denominados de multidisciplinares) e cerca de 80% (41) são utilizados por usuários externos[14] (denominados multiusuários).

14. Entende-se por usuário externo "aquele pesquisador que utilizou os serviços ou os equipamentos do laboratório no ano-base e não faz parte da equipe de pesquisadores, técnicos ou estudantes do próprio laboratório e/ou infraestrutura". Assim, são pesquisadores vinculados a outras instituições, no Brasil ou no exterior, ou a outros departamentos da própria instituição que não fazem parte da equipe do laboratório e/ou infraestrutura (De Negri e Squeff, 2014).

3.3 Recursos humanos

As 52 infraestruturas voltadas para a indústria da construção envolveram, em 2012, pouco mais de 1,4 mil pessoas, entre equipes técnicas/administrativas, pesquisadores internos e externos aos respectivos laboratórios e estudantes, conforme sistematiza a tabela 7.

TABELA 7
Número de usuários segundo a atividade desempenhada e o vínculo com as respectivas instituições

	Quantidade	(%)
Apoio técnico e administrativo	180	12,5
Pesquisadores internos	198	13,8
Coordenadores (um por infraestrutura)	52	3,6
Equipe laboratorial	430	29,9
Alunos de graduação	573	39,9
Alunos de pós-graduação	198	13,8
Pesquisadores da mesma instituição (exceto pesquisadores internos)	109	7,6
Usuários externos aos departamentos, mas vinculados às respectivas instituições (1)	880	61,3
Pesquisadores de empresas	56	3,9
Pesquisadores de outras instituições	70	4,9
Usuários externos às respectivas instituições (2)	126	8,8
Usuários externos aos laboratórios (1+2)	1.006	70,1
Total	**1.436**	**100,0**

Fonte: CNPq/MCTI/Ipea.

A tabela 7 também mostra que os laboratórios selecionados possuem 430 pessoas vinculadas à equipe interna e atenderam a outros 1.006 usuários externos aos respectivos departamentos (880) e instituições (126). Adicionalmente, 25 destes usuários são de nacionalidade estrangeira, dos quais nove possivelmente[15] representam o vínculo com instituições internacionais – informado pelos coordenadores pela questão "Pesquisadores estrangeiros de outras instituições". Na distinção dos usuários externos entre alunos e pesquisadores, percebem-se, na tabela 7, que 53,7% dos usuários são alunos dos cursos de graduação e pós-graduação (771 alunos) e 16,4% são pesquisadores externos (235 pesquisadores).

Conforme destacado por De Negri e Squeff (2014), a maior interação das infraestruturas com usuários externos favorece o desenvolvimento tecnológico. Entre as infraestruturas de pesquisas voltadas para a indústria da construção, esta interação é predominantemente de âmbito nacional – uma vez que apenas 25 dos 1.006 usuários

15. Os usuários estrangeiros podem ser provenientes de outros departamentos da mesma instituição, de outras instituições nacionais ou internacionais.

são de nacionalidade estrangeira – e com elevado uso científico e acadêmico. A baixa incidência de pesquisadores de empresas entre os usuários externos (5,6%) é inferior ao observado no cenário nacional (6,3%), recursos que contribuem para uma maior interação entre o setor e a academia. Como referência, o Centro de Pesquisas Leopoldo Américo Miguez de Mello (Cenpes) – unidade responsável pelas atividades de P&D da Petrobras – envolveu, em 2010, cerca de 1,6 mil empregados próprios com dedicação exclusiva a 4 mil projetos de pesquisa em andamento naquele ano. Pouco mais de 80% destes recursos estavam voltados para atividades de P&D e eram formados por pesquisadores de nível superior e técnicos de laboratório de nível médio. Além disso, o centro é utilizado por engenheiros que se dedicam às atividades de engenharia básica, responsáveis pelos primeiros estágios de projetos de grandes empreendimentos (Medeiros, 2010). Este arranjo facilita a integração e o aprimoramento das pesquisas com as etapas de projeto e, consequentemente, de produção.

A tabela 8 apresenta as quantidades de laboratórios e recursos por Unidade da Federação (UF) e respectivas concentrações percentuais destes segundo as regiões brasileiras. Assim como observado na distribuição dos laboratórios nas regiões brasileiras (gráficos 3 e 4), em 2012 os pesquisadores internos também se concentraram na região Sudeste, seguida pelas regiões Sul, Nordeste e Centro-Oeste. A maior interação com usuários externos ocorreu no estado de Santa Catarina, mas a maior parte destes recursos (48,9%) se concentrou na região Sul. Em média, as infraestruturas de pesquisa da amostra contaram com cerca de quatro funcionários técnicos e administrativos e pesquisadores internos, número próximo ao observado para o cenário nacional (3,4 e 4,6 respectivamente).

TABELA 8
Número de laboratórios, de pesquisadores e média de pesquisador por infraestrutura segundo a região

Região	UF	Quantidades de			
		Infraestruturas	Técnicos e administrativos	Pesquisadores internos	Usuários externos
Centro-Oeste		3,9%	0,6%	3,0%	1,7%
	DF	2	1	6	17
Nordeste		17,3%	5,0%	12,6%	5,1%
	BA	7	7	16	10
	RN	2	2	9	41
Sudeste		53,8%	69,4%	59,1%	48,9%
	MG	10	11	31	182
	RJ	8	34	32	217
	SP	10	80	54	93
Sul		25,0%	25,0%	25,3%	44,3%
	PR	5	39	23	104
	RS	3	4	15	23
	SC	5	2	12	319
Total		**52**	**180**	**198**	**1.006**

Fonte: CNPq/MCTI/Ipea.

O questionário permitiu estratificar os recursos humanos internos (técnico-administrativo e pesquisador interno) segundo o grau de escolaridade, conforme apresenta a tabela 9. O apoio técnico e administrativo é formado por mais da metade de empregados com ensino médio (53,3%), enquanto que na equipe de pesquisadores prevalecem os doutores (70,2%). A distribuição da titulação máxima dos pesquisadores internos às infraestruturas voltadas para a construção civil é semelhante à do cenário nacional apresentado por De Negri e Squeff (2014).

TABELA 9
Número de pessoas segundo o grau de titulação e a atividade desempenhada

Pesquisadores internos			Apoio técnico-administrativo		
Titulação máxima	**Total**	(%)	(%)	**Total**	Titulação máxima
Doutorado	**142**	70,2	11,7	**21**	Doutorado
Mestrado	**35**	16,7	15,0	**27**	Mestrado
Especialização	**4**	2,0	3,9	**7**	Especialistas
MBA	**2**	1,0			
Extensão universitária	**1**	0,5			
Graduação	**10**	5,1	16,1	**29**	Graduação
Ensino médio (2º grau)	**4**	2,0	53,3	**96**	Ensino médio (2º grau)
Total	**198**	**100,0**	**100,0**	**180**	Total

Fonte: CNPq/MCTI/Ipea.

A pesquisa permitiu também conhecer com maior detalhe o tipo de vínculo desses recursos e o tempo de dedicação dos pesquisadores internos à infraestrutura. Os dados enviados pelos laboratórios mostraram que cerca de 77% dos pesquisadores internos e técnico-administrativos possuem vínculo com as instituições, percentual este pouco superior ao do cenário nacional (74%). Entre os pesquisadores, 54,5% são servidores públicos; 22,7%, celetistas; e 74,9% dos técnicos administrativos são servidores públicos ou funcionários, conforme apresenta a tabela 10.

TABELA 10
Número de pesquisadores segundo o tipo de vínculo e função

Pesquisadores internos			Apoio técnico-administrativo		
Tipo de vínculo	**Total**	(%)	(%)	**Total**	Tipo de vínculo
Servidor público	**109**	54,5	74,9	**133**	Servidor/funcionário
Celetista	**47**	22,7			
Bolsista	**23**	12,1	20,9	**39**	Prestador de serviço/terceirizado
Pesquisador visitante	**6**	3,5			
Outro	**13**	7,1	4,3	**8**	Outro
Total	**198**	**100,0**	**100,0**	**180**	**Total**

Fonte: CNPq/MCTI/Ipea.

As principais distinções que se observam nas infraestruturas em tela em relação ao cenário nacional apresentado por De Negri e Squeff (2014) são, em relação aos pesquisadores internos, a menor proporção de servidores públicos (5,9 pontos percentuais – p.p.) e a maior proporção de celetistas (9,1 p.p.); e em relação ao apoio técnico-administrativo, as maiores proporções de servidores/funcionários (14,5 p.p.) e prestadores de serviço (5,8 p.p.), bem como a menor proporção de outros tipos de vínculo (14,9 p.p.).

Em relação ao tempo de dedicação dos pesquisadores internos à infraestrutura, a tabela 11 mostra que 42,9% dos pesquisadores dedicam mais de trinta horas semanais de efetivo exercício de atividades nos laboratórios. Enquanto 51,0% dos pesquisadores possuem dedicação inferior a vinte horas semanais, apenas 6,1% dos pesquisadores cumprem entre vinte e trinta horas semanais de dedicação à infraestrutura. Percebe-se, portanto, que cerca da metade dos pesquisadores (49,0%) possuem significativa dependência da disponibilidade das infraestruturas – uma vez que dedicam vinte horas semanais ou mais ao seu uso –, percentual inferior ao encontrado para o cenário nacional (60,1%).

TABELA 11
Número de pesquisadores internos segundo o tempo de dedicação

Tempo de dedicação	**Total**	(%)
Mais de trinta horas semanais	**85**	42,9
Mais de vinte horas a trinta horas semanais	**12**	6,1
Mais de dez horas a vinte horas semanais	**42**	21,2
Até dez horas semanais	**59**	29,8
Total	**198**	**100,0**

Fonte: CNPq/MCTI/Ipea.

A citada predominância de instituições públicas na amostra indica que os pesquisadores internos do tipo servidores públicos vinculados às infraestruturas de pesquisa voltadas para o setor estão sujeitos a desempenhar concomitantemente a regência de classes, atividades administrativas e de pesquisa. Com isso, os servidores públicos declarados no estudo dificilmente dedicarão mais de vinte horas semanais de pesquisa às infraestruturas, ficando esta atribuição a cargo de celetistas, bolsistas, pesquisadores visitantes e com outros tipos de vínculo.

3.4 Instalações físicas, equipamentos, custos operacionais, financiadoras e receitas

O questionário respondido pelos coordenadores dos laboratórios foi composto por uma seção específica sobre instalações físicas, equipamentos, custos operacionais e receitas. A partir da estratificação destes valores, é possível identificar um maior ou um menor porte dos laboratórios segundo estas variáveis.

Ao todo, 71,2% (49) dos coordenadores estimaram o valor dos laboratórios em até R$ 1 milhão, formado principalmente por 31 laboratórios com instalações físicas valoradas em até R$ 500 mil (menor porte entre os demais laboratórios). As instalações físicas de outros quinze laboratórios (28,8%) foram estimadas com valores entre R$ 1 milhão e R$ 50 milhões. Este percentual é superior ao observado no cenário nacional (23,0%) e concentra metade dos laboratórios valorados entre R$ 30 milhões e R$ 50 milhões do cenário nacional. Os dados consideram o valor do imóvel e das instalações físicas disponíveis, detalhados na tabela 12 por faixas de valor esperado.

TABELA 12
Número de laboratórios segundo o valor total estimado da infraestrutura

Valores esperados das instalações físicas	Número de infraestruturas	(%)
Até R$ 500 mil	31	59,6
Acima de R$ 500 mil até R$ 1 milhão	6	11,5
Acima de R$ 1 milhão até R$ 3 milhões	8	15,4
Acima de R$ 3 milhões até R$ 5 milhões	4	7,7
Acima de R$ 5 milhões até R$ 10 milhões	1	1,9
Acima de R$ 20 milhões até R$ 30 milhões	1	1,9
Acima de R$ 30 milhões até R$ 50 milhões	1	1,9
Total	**52**	**100,0**

Fonte: CNPq/MCTI/Ipea.

Segundo a percepção dos coordenadores, 92,3% das infraestruturas de pesquisa voltadas para o setor são compostas por equipamentos de até R$ 2 milhões, sendo que 30,8% declararam inferiores a R$ 100 mil (laboratórios de menor porte). Este percentual é superior ao do cenário nacional (87,9%) apresentado por De Negri e Squeff (2014). Entretanto, percebe-se na amostra uma proporção superior de equipamentos de maior valor em relação ao cenário nacional: cerca de 6% dos respondentes avaliaram os equipamentos entre R$ 10 milhões e R$ 30 milhões, enquanto que esta mesma faixa de valores não concentrou mais de 2% da amostra nacional. A tabela 13 apresenta os dados coletados.

TABELA 13
Número de laboratórios segundo o valor estimado dos equipamentos

Equipamentos de pesquisa	Número de infraestruturas	(%)
Até R$ 100 mil	16	30,8
Acima de R$ 100 mil até R$ 250 mil	9	17,3
Acima de R$ 250 mil até R$ 500 mil	8	15,4

(Continua)

(Continuação)

Equipamentos de pesquisa	Número de infraestruturas	(%)
Acima de R$ 500 mil até R$ 1 milhão	8	15,4
Acima de R$ 1 milhão até R$ 2 milhões	7	13,5
Acima de R$ 2 milhões até R$ 3 milhões	1	1,9
Acima de R$ 10 milhões até R$ 15 milhões	1	1,9
Acima de R$ 15 milhões até R$ 20 milhões	1	1,9
Acima de R$ 20 milhões até R$ 30 milhões	1	1,9
Total	**52**	**100,0**

Fonte: CNPq/MCTI/Ipea.

Os custos operacionais anuais de 61,5% (32) dos laboratórios foram estimados em até R$ 100 mil, sendo 23 destes com gastos anuais inferiores a R$ 50 mil (laboratórios de menor porte). Oito respondentes não conseguiram estimar este valor, mas, segundo os demais, este valor pode chegar em até R$ 5 milhões (laboratórios de maior porte), conforme mostra a tabela 14. A distribuição percentual dos custos operacionais nas infraestruturas da amostra não apresentou significativas discrepâncias em relação ao cenário nacional.

TABELA 14
Número de laboratórios segundo os custos operacionais

Custos operacionais	Número de infraestruturas	(%)
Até R$ 50 mil	23	44,2
Acima de R$ 50 mil até R$ 100 mil	9	17,3
Acima de R$ 100 mil até R$ 150 mil	2	3,8
Acima de R$ 200 mil até R$ 300 mil	2	3,8
Acima de R$ 300 mil até R$ 500 mil	3	5,8
Acima de R$ 500 mil até R$ 750 mil	2	3,8
Acima de R$ 2 milhões até R$ 5 milhões	3	5,8
Não foi possível estimar	8	15,4
Total	**52**	**100,0**

Fonte: CNPq/MCTI/Ipea.

Além dos valores arrecadados e do número de infraestruturas envolvidas, a tabela 15 mostra onze tipos de entidades financiadoras envolvidas com os 52 laboratórios da amostra, indicando uma significativa diversificação das fontes financiadoras. O relevante número de infraestruturas financiadas por entidade sinaliza que estes recursos não se limitam a poucos laboratórios de grande porte.

TABELA 15
Número de laboratórios segundo a entidade financiadora

Entidade financiadora	Número de infraestruturas	Renda (R$)	Contribuição (%)
Empresa privada	15	9.223.000	23,9
CNPq	14	3.018.128	7,8
Petrobras	11	13.589.983	35,2
Própria instituição	11	741.000	1,9
Capes	10	1.216.600	3,2
Fundo Estadual de Amparo	9	1.192.000	3,1
Prestação de serviços	9	1.127.000	2,9
Finep	7	2.616.960	6,8
Outra	4	2.500.904	6,5
Outra empresa pública	3	90.000	0,2
Outra instituição pública	1	3.280.000	8,5
Total		**38.595.575**	**100,0**

Fonte: CNPq/MCTI/Ipea.

Conforme se nota na tabela 16, o valor declarado pelos laboratórios em análise para o financiamento das pesquisas que desenvolvem alcançou R$ 38,6 milhões[16] em 2012, correspondente a 2,7% do total nacional declarado. Cabe ressaltar que estes recursos estão associados a todas as atividades desenvolvidas nas infraestruturas em análise, não representando, portanto, investimentos em pesquisas específicas no setor de construção civil. Os principais parceiros foram as empresas privadas (R$ 9,2 milhões; 23,9% da contribuição), o CNPq (R$ 3,0 milhões; 7,8%) e a Petrobras (R$ 13,6 milhões; 35,2%), que também se destacaram pelo maior número de laboratórios que financiam (quinze, quatorze e onze respectivamente). Por um lado, estes resultados mostram uma maior relevância destes atores para as infraestruturas de pesquisa da amostra quando comparados ao nacional, em que são responsáveis por 7,3%, 9,1% e 23,0%, respectivamente, do total informado (De Negri e Squeff, 2014). Por outro, a participação das próprias instituições, da Finep e dos Fundos Estaduais de Amparo (respectivamente, 18,6%, 12,5% e 12,5%) – maiores entidades financiadoras no cenário nacional – nos dados da amostra foram consideravelmente mais modestas. Adicionalmente, o percentual financiado pelo setor privado (23,9%) é aproximadamente a metade do planejado no Reino Unido (40%).

Entre as informações coletadas no questionário respondido pelos coordenadores das infraestruturas, está a receita obtida em 2012. Diferentemente do cenário nacional, percebe-se a formação de dois grupos bem definidos de infraestruturas.

16. Alguns respondentes não souberam informar esses dados.

O primeiro grupo é formado por laboratórios com receitas de até R$ 500 mil, dentre os quais se destacaram pouco mais de 30% das infraestruturas com receitas inferiores a R$ 50 mil (infraestruturas de menor porte). O segundo grupo é formado por três laboratórios com receitas superiores a R$ 2 milhões. Uma vez que 34,6% dos respondentes não conseguiram estimar esta informação, conforme apresenta a tabela 16, percebe-se também a dificuldade de estimação desta variável e, consequentemente, a maior imprecisão das respostas.

TABELA 16
Número de infraestruturas segundo a faixa de receita

Receitas	Número de infraestruturas	(%)
Até R$ 50 mil	17	32,7
Acima de R$ 50 mil até R$ 100 mil	5	9,6
Acima de R$ 100 mil até R$ 150 mil	3	5,8
Acima de R$ 200 mil até R$ 300 mil	1	1,9
Acima de R$ 300 mil até R$ 500 mil	5	9,6
Acima de R$ 2 milhões até R$ 5 milhões	2	3,8
Acima de R$ 5 milhões	1	1,9
Não é possível estimar	18	34,6
Total	**52**	**100,0**

Fonte: CNPq/MCTI/Ipea.

3.5 Atividades desenvolvidas nas infraestruturas

As atividades mais desenvolvidas pelos laboratórios são voltadas para pesquisa e ensino, cada qual presente em 92,3% dos laboratórios da amostra. Entretanto, as atividades de desenvolvimento de tecnologia, de prestação de serviços e de extensão também são realizadas por mais da metade das infraestruturas, conforme se observa nas três primeiras colunas da tabela 17.

TABELA 17
Intensidade de uso dos laboratórios segundo o tipo de atividade

Tipo de atividade	Quantidade de laboratórios	(%)	Contínuo (%)	Alguns dias da semana (%)	Alguns dias do mês (%)	Esporádico (%)
Atividade de pesquisa	48	92,3	81,3	12,5	4,2	2,1
Atividades de ensino	48	92,3	41,7	25,0	20,8	12,5
Desenvolvimento de tecnologia	39	75,0	53,8	15,4	10,3	20,5
Prestação de serviço	33	63,5	27,3	9,1	6,1	57,6
Atividade de extensão	29	55,8	24,1	13,8	27,6	34,5
Outra	2	3,8	-	-	-	-

Fonte: CNPq/MCTI/Ipea.

As demais colunas da tabela 17 representam a intensidade de uso das infraestruturas por atividade. Percebe-se que as atividades de pesquisa, além de mais presentes na amostra, são realizadas continuamente na grande maioria das infraestruturas (declarado por 81,3% dos respondentes). As atividades de ensino e para o desenvolvimento de tecnologia contínuas são realizadas por aproximadamente metade das infraestruturas que declararam desenvolver estes tipos de atividade (respectivamente, 41,7% e 53,8%) e as atividades de prestação de serviço e de extensão são predominantemente esporádicas.

Em relação aos clientes das infraestruturas selecionadas, as empresas e os pesquisadores estão presentes, respectivamente, em 63,5% e 53,8% dos laboratórios. Existem ainda atividades em cooperação com órgão do governo e outras instituições não especificadas, declarados por 30,8% e 13,5%, respectivamente, dos coordenadores das infraestruturas.

Os serviços técnicos científicos mais requisitados são os ensaios e os testes, a consultoria e a assessoria técnico-científicas, a análise de materiais e o desenvolvimento e o aperfeiçoamento de processos, todos estes requisitados principalmente pelas empresas. Estas preferências pouco divergem do cenário nacional, em que há uma procura ligeiramente maior por consultoria e assessoria técnico-científicas do que por ensaios e testes (De Negri e Squeff, 2014). A tabela 18 acrescenta ainda os resultados dos principais serviços requisitados por pesquisadores e pelo governo. Enquanto os pesquisadores se concentram nos ensaios e testes e nas análises de materiais, o governo busca nas infraestruturas consultoria e assessoria técnico-científica. Estes resultados mostram que as infraestruturas fornecem não só subsídios para as pesquisas científicas, mas também reforçam o capital intelectual das empresas e do governo.

TABELA 18
Quantidade de infraestrutura por tipo de serviço e de cliente

Tipo de serviço técnico-científico	Empresas	Pesquisadores	Governo	Outro	**Total**
Ensaios e testes	20	17	5	2	**44**
Consultoria e assessoria técnico-científicas	21	8	10	1	**40**
Análise de materiais	15	14	3	3	**35**
Desenvolvimento e aperfeiçoamento de processos	15	9	4	1	**29**
Desenvolvimento e aperfeiçoamento de produtos	12	7	0	0	**19**
Elaboração e testes de protótipos	11	5	0	0	**16**
Análise de propriedades físico-químicas	6	7	0	1	**14**
Informação tecnológica	8	3	1	2	**14**
Inspeção	6	2	2	0	**10**
Exames laboratoriais	4	1	1	0	**6**

(Continua)

(Continuação)

Tipo de serviço técnico-científico	Empresas	Pesquisadores	Governo	Outro	**Total**
Calibração	1	2	0	0	**3**
Serviços ambientais	1	1	1	0	**3**
Certificação	2	0	0	0	**2**
Manutenção de equipamentos científicos	0	1	0	0	**1**
Metrologia	1	0	0	0	**1**
Scale up (escalonamento)	1	0	0	0	**1**

Fonte: CNPq/MCTI/Ipea.

O questionário perguntou também sobre os tipos de cooperação mais utilizados pelas infraestruturas laboratoriais. Conforme destacado na tabela 19, a cooperação com instituições, com agências de fomento e com empresas brasileiras estiveram mais presentes em 2012, com particular atenção às cooperações com instituições estrangeiras que tiveram relevante número de cooperações e um médio grau de importância para as infraestruturas de pesquisa. As cooperações com agências de fomento internacionais e com empresas estrangeiras também se fizeram presentes, mas com baixo grau de importância para os laboratórios.

TABELA 19
Quantidade de infraestruturas segundo o tipo de cooperação e seu grau de importância para a unidade de pesquisa

Atividade de cooperação	Alto	Médio	Baixo	**Total**
Com instituições brasileiras	19	13	5	**37**
Com agências de fomento brasileiras	14	15	5	**34**
Com empresas brasileiras	14	15	4	**33**
Com instituições estrangeiras	5	14	9	**28**
Com agências de fomento internacionais	2	2	12	**16**
Com empresas estrangeiras	1	4	10	**15**

Fonte: CNPq/MCTI/Ipea.

Os dados apresentados na tabela 19 demonstram que as infraestruturas de pesquisa na construção civil estão mais propensas às interações nacionais, existindo um médio e, principalmente, um baixo grau de importância das parcerias internacionais. Tal preferência pode ser um fator restritivo para o aprimoramento das infraestruturas, das pesquisas e, consequentemente, do desenvolvimento tecnológico, visto que a interação com agentes de outros países se torna um meio de internalização dos avanços técnicos obtidos por instituições mais avançadas no exterior. Em relação ao cenário nacional, existe maior preferência por parcerias nacionais nas infraestruturas de pesquisas voltadas para o setor, uma vez que atribuíram um alto grau de importância às empresas brasileiras em lugar das cooperações com instituições estrangeiras (De Negri e Squeff, 2014).

3.6 Situação das infraestruturas em 2012

O questionário enviado aos coordenadores permitiu que respondessem sobre as condições atuais de operação, com referência a 31/12/2012, especificamente sobre os quesitos de insumos, dos equipamentos, da manutenção e das instalações físicas. De forma geral, os insumos, os equipamentos e a manutenção foram avaliados como boas e muito boas por mais da metade dos respondentes. Entretanto, apesar de cerca de 77% terem iniciado as atividades a partir de 1990 – conforme destacado na tabela 5 –, percebe-se uma piora nos quesitos de equipamentos e de manutenção, tendo em vista a sinalização de condições regulares por uma significativa parte dos respondentes (28,8% e 21,2% respectivamente).

Quanto às condições atuais das instalações físicas, a percepção é diferente. As condições regulares concentraram a maior quantidade de avaliações (36,5%). O representativo percentual de infraestrutura em condições regulares sinaliza a necessidade de investimentos no médio e curto prazo e ainda uma possível dificuldade de gestão destes para mantê-los em melhores condições. Uma vez que se constatou que aproximadamente metade dos pesquisadores internos dedicam vinte horas ou mais às infraestruturas (tabela 11), cabe lembrar que a manutenção das condições das infraestruturas possui importante papel para o desenvolvimento adequado e seguro das atividades.

TABELA 20
Avaliação das condições atuais de insumo, equipamentos, manutenção e instalações físicas

Avaliação das condições	Insumos	(%)	Equipamentos	(%)	Manutenção	(%)	Instalações físicas	(%)
Muito bom	23	44,2	10	19,2	13	25,0	4	7,7
Bom	20	38,5	19	36,5	25	48,1	14	26,9
Regular	5	9,6	15	28,8	11	21,2	19	36,5
Não se aplica	4	7,7	1	1,9	1	1,9	1	1,9

Fonte: CNPq/MCTI/Ipea.

O bom desempenho das condições dos equipamentos pode estar relacionado à recente modernização dos laboratórios. Nos últimos cinco anos, 84,6% dos laboratórios passaram por um processo de modernização e apenas 5,8% sinalizaram ainda não ter passado por isso, conforme se nota na tabela 21.

TABELA 21
Número de laboratórios segundo o período de modernização

Período de modernização	Número	(%)
Até 1 ano	19	36,5
Entre 1 e 5 anos	25	48,1
Entre 5 e 10 anos	1	1,9
Entre 10 e 15 anos	4	7,7
Não houve	3	5,8

Fonte: CNPq/MCTI/Ipea.

Os dados sobre a formação dos pesquisadores, a qualificação dos profissionais de apoio e a quantidade de ambos foram coletados por meio de uma pergunta em que os respondentes poderiam indicar o maior ou o menor grau de adequação destes quesitos. Quanto à avaliação dos pesquisadores internos, 75,0% dos respondentes informaram que o número deste recurso é inadequado ou pouco adequado, e a qualificação dividiu as percepções dos coordenadores dos laboratórios: dois grupos formados por exatos 47,9% dos coordenadores se dividiram entre adequado e inadequado ou pouco adequado.

Para o cenário atual de pesquisadores e atividades, mais de 60% dos coordenadores informaram que a quantidade e a qualificação dos profissionais de apoio técnico-administrativo são adequadas, conforme mostra a tabela 22. O dimensionamento, a capacitação e o incentivo adequados destes recursos são importantes elementos para garantir a operacionalização eficiente das infraestruturas. Por isso, um possível aumento do número de pesquisadores por infraestrutura deverá ser acompanhado por iniciativas para a manutenção ou a melhoria destes indicadores. Adicionalmente, uma vez que se percebe uma significativa satisfação com a qualificação dos profissionais de apoio, as possíveis dificuldades de gestão citadas anteriormente poderão estar relacionadas a fatores institucionais, legais, burocráticos ou ainda ao desestímulo destes funcionários. Os resultados sobre os pesquisadores internos e a equipe de técnicos e administradores da amostra são semelhantes aos encontrados por De Negri e Squeff (2014) no cenário nacional.

TABELA 22
Percepção dos coordenadores quanto ao número, à formação dos pesquisadores e à qualificação dos profissionais de apoio

Quesito da avaliação	Adequado (%)	Pouco adequado (%)	Inadequado (%)	Não se aplica (%)
Número de pesquisadores	22,9	35,4	39,6	2,1
Qualificação dos pesquisadores	47,9	22,9	25,0	4,2
Número de profissionais de apoio técnico	62,5	18,7	4,2	14,6
Qualificação dos profissionais	70,8	2,1	2,1	25,0

Fonte: CNPq/MCTI/Ipea.

Por fim, os coordenadores realizaram uma avaliação geral da capacidade técnica das respectivas infraestruturas por meio de uma comparação com seus pares nacionais e internacionais. Neste quesito, 65,4% dos respondentes indicaram que as respectivas infraestruturas apresentam capacidade técnica adequada e compatível com a observada em outras do gênero no Brasil (34,6% dos respondentes); avançada em relação às demais do país, mas ainda distante da observada nas melhores infraestruturas do gênero no exterior (13,5%); ou avançada e compatível com a

observada nas melhores infraestruturas do gênero no exterior (17,3%). Apesar da modernização recente de 84,6% dos laboratórios nos últimos cinco anos (tabela 21), outros 32,7% dos respondentes informaram que a capacidade técnica dos laboratórios que representam está aquém da observada em outras instituições brasileiras, conforme destacado na tabela 23.

TABELA 23
Capacidade técnica das infraestruturas segundo comparações nacionais e internacionais

Avaliação da capacidade técnica	Número de infraestruturas	(%)
Avançada e compatível com a observada nas melhores infraestruturas do gênero no exterior	9	17,3
Avançada em relação aos padrões brasileiros, mas ainda distante da observada nas melhores infraestruturas do gênero no exterior	7	13,5
Adequada e compatível com a observada em outras infraestruturas do gênero no Brasil	18	34,6
Insuficiente em relação à observada em outras infraestruturas do gênero no Brasil	17	32,7
Não sabem	1	1,9

Fonte: CNPq/MCTI/Ipea.

A partir dos dados apresentados na tabela 23, percebe-se uma maior proporção de laboratórios considerados pelos respondentes como insuficientes em relação ao observado em outras infraestruturas do gênero no Brasil (32,7%) e ao encontrado por De Negri e Squeff (2014) para o cenário nacional (21%). Mas a proporção de infraestruturas da amostra reconhecidas pelos respondentes como avançadas em relação aos padrões brasileiros e compatíveis com a observada nas melhores infraestruturas do gênero no exterior é superior na mesma comparação (13%).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A indústria da construção civil contribui com as atividades econômicas e sociais por meio da disponibilização de ativos – como a construção de edifícios e obras de infraestrutura – e de serviços diversos. Apesar da sua amplitude e diversidade, as pesquisas no setor se concentram nas construções de edifícios, mas apenas naquelas que beneficiam indiretamente as demais atividades. Nas últimas duas décadas, diversos autores vêm destacando o papel da inovação nos processos construtivos como um importante fator impulsionador para mudanças no setor, dado sua classificação como indústria de protótipos (Amorim, 1996; Seaden e Manseau, 2001; Bygballe e Ingemansson, 2011).

Em outros países, percebe-se uma articulação do setor que envolve o acompanhamento do desempenho setorial, a maior sinergia e alinhamento entre atores, a integração dos demandantes e a transparência do processo inovativo. No Brasil,

diversas instituições formam um complexo Sistema Nacional de Desenvolvimento Científico, Tecnológico e de Inovação. Especificamente na indústria da construção, este segmento tem se mobilizado com estudos e iniciativas relevantes, sendo possível identificar atores integrados aos estudos desenvolvidos em outros países. A partir destes, percebe-se a carência de uma política pública que defina uma estratégia mais ampla de CT&I e traga um maior alinhamento entre o ambiente acadêmico, o empresarial e o governamental.

Assim, o ambiente adequado para a inovação – no tocante à indústria da construção – envolveria instituições e políticas alinhadas com objetivos em comum, a estrutura governamental, o tipo de sistema nacional de inovação e uma maior representação da indústria, esta com significativa importância para impulsionar o desenvolvimento do setor. Países da Oceania e Europa – destacadamente o Reino Unido –, por exemplo, vêm desenvolvendo reconhecidas iniciativas nesse sentido para o desenvolvimento do setor. Além destes elementos, as infraestruturas para pesquisa possuem uma participação fundamental para o desenvolvimento econômico e a industrialização, tendo em vista o importante papel que fazem nos países desenvolvidos para viabilizar a interação entre ciência e tecnologia.

Por isso, o MCTI, o CNPq e o Ipea firmaram uma parceria para realizar um estudo sobre as características e a situação atual das infraestruturas de pesquisa no Brasil em diversas áreas. Este estudo contou com a aplicação de um questionário aos coordenadores de cada laboratório, de forma a levantar informações sobre as características físicas e operacionais. A partir do envio destas informações para o CNPq, foram identificadas preliminarmente 23 instituições e 52 infraestruturas de pesquisa relacionadas à indústria da construção.

A pesquisa permitiu conhecer as características gerais das instalações físicas, dos equipamentos, dos recursos internos, as atividades desenvolvidas e a situação atual dos laboratórios, bem como realizar comparações no âmbito nacional. Destacaram:

- as grandes proporções de infraestruturas de pesquisa públicas, ao contrário do observado na literatura, implantadas a partir da década de 1990;
- a maior proporção de laboratórios de maior porte (relativamente à área disponível e aos valores das instalações físicas, dos equipamentos e de receitas);
- o acesso das entidades de financiamento aos laboratórios de médio e pequeno porte;
- as condições satisfatórias dos insumos, equipamentos e manutenção – avaliadas como boas e muito boas – regulares das instalações físicas; e
- a maior importância atribuída às cooperações de âmbito nacional.

Os dados coletados contribuíram também para avaliar – mesmo que preliminarmente – a interação das infraestruturas de pesquisa com o setor, aspecto importante para o desenvolvimento segundo a literatura. A presença de diversos fatores – como laboratórios multiusuários (cerca de 80%), de financiamentos de grande porte (acima de R$ 2 milhões), de empresas e dos governos como principais demandantes de serviços técnicos, de uma diversificada fonte de financiamento e de parcerias de cooperação – sinalizam haver uma proximidade das empresas e de outras instituições com os laboratórios. Destaca-se que estes aspectos estão relacionados às infraestruturas e não podem ser atribuídos diretamente às pesquisas desenvolvidas para o setor.

Entretanto, a predominância das atividades contínuas de pesquisa e de ensino em relação ao desenvolvimento de tecnologias, a média de pesquisadores de empresas por laboratório (5,6%) inferior à nacional (6,3%) e a maior preferência pelos ensaios e testes, consultoria e assessoria técnico-científicas e análise de materiais – em lugar do desenvolvimento e aperfeiçoamento de produtos e processos – indicam, em tese, uma fragilidade no elo entre a academia e a indústria e construção. No setor de energia, por exemplo, a Petrobras reconhece a importância de envolver os recursos de engenharia de base nas atividades de P&D para que os projetos incorporem e aprimorem as tecnologias desenvolvidas.

Outros dois fatores que podem estar relacionados à dificuldade de desenvolvimento do setor dizem respeito à capacidade técnica dos laboratórios e ao número e à disponibilidade dos pesquisadores internos. Apesar de as infraestruturas mostradas acompanharem o processo de modernização nos últimos cinco anos de outros segmentos – avaliados na parceria entre o MCTI, o CNPq e o Ipea –, uma maior proporção de respondentes dos laboratórios envolvidos com pesquisas para a indústria da construção avaliaram as respectivas capacidades técnicas como mais insuficientes, em relação às observadas em outras infraestruturas do mesmo gênero, no Brasil (32,7%) que no cenário nacional (21%). Além disso, o reconhecido número insuficiente de pesquisadores e, entre os contabilizados, a predominância de servidores públicos (54,5%) – que potencialmente também desempenham a regência de classes e atividades administrativas –, consequentemente compartilham o tempo disponível com as pesquisas e contribuem para um menor dinamismo e dedicação às infraestruturas de pesquisa. Neste caso, constatou-se uma proporção menor de pesquisadores internos da amostra que dedicam vinte horas semanais ou mais às infraestruturas (49,0%) em relação ao observado para o cenário nacional (60,1%).

Oportunamente, cabe resgatar algumas considerações presentes na literatura. Existe uma necessidade de maior organização das intervenções públicas e de envolvimento das empresas dominantes deste mercado – as de pequeno e as de médio porte.

A ausência de um alinhamento das iniciativas nos ambientes acadêmico, empresarial e governamental e de uma política pública ampla de CT&I neste sentido dificultam o desenvolvimento do setor. Corroborando com estas considerações, este trabalho sinaliza uma dificuldade de interação das infraestruturas brasileiras para pesquisas relacionadas à indústria da construção com o mercado, associada aos baixos números e à dedicação dos pesquisadores internos às infraestruturas. Cenário este que contribui para que a inovação na indústria da construção continue sendo incorporada por meio da importação de tecnologia desenvolvida pelos fornecedores multinacionais de materiais.

Por fim, as iniciativas e os trabalhos futuros podem ser orientados para contribuir com o preenchimento de possíveis lacunas nos pré-requisitos para desenvolver uma política de inovação para a indústria da construção, a saber: *i)* o entendimento dos desafios para o setor, estabelecendo indicadores para o acompanhamento do despenho e do equilíbrio entre os objetivos de curto e longo horizonte, públicos e privados; *ii)* os potenciais locais e instituições para o desenvolvimento tecnológico; e *iii)* o consenso e a maior objetividade das políticas públicas com a indústria, buscando o envolvimento dos atores privados, públicos e também da sociedade.

REFERÊNCIAS

ABRAMAT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO; FGV – FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS. **Perfil da cadeia produtiva da construção e da indústria de materiais e equipamentos**. Rio de Janeiro: Abramat; FGV, 2013.

AMORIM, S. L. Inovações tecnológicas nas edificações: papéis diferenciados para construtores e fornecedores. **Gestão e Produção**, v. 3, n. 3, p. 262-274, dez. 1996.

ANPROTEC – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE ENTIDADES PROMOTORAS DE EMPREENDIMENTOS INOVADORES. **Portfolio dos parques tecnológicos no Brasil** – relatório completo. Brasília: Anprotec, dez. 2008.

BEIIC – BUILT ENVIRONMENT INDUSTRY INNOVATION COUNCIL. **Final report to the Government**. Australia: BEIIC, Dec. 2012.

BERRY, R. **Building and construction productivity research stocktake**. Building and Construction Productivity Partnership Research Work-Stream, 2011.

BLUMENSCHEIN, R. N. **A sustentabilidade na cadeia produtiva da indústria da construção**. 2004. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

BYGBALLE, L. E.; INGEMANSSON, M. Public policy and industry views on innovation in construction. **The IMP Journal**, v. 5, n. 3, p. 157-171, 2011.

CARDOSO, F. F. *et al*. Public policy instruments to encourage construction innovation: overview of the Brazilian case. *In*: MANSEAU, A.; SEADEN, G. (Eds.). **Innovation in construction**: an international review of public policies. London: Routledge, 2001.

CARDOSO, F. F. **Ciência, tecnologia e inovação e a indústria da construção civil**: elementos para a formulação de uma política para o setor. Porto Alegre: Antac; São Paulo: Escola Politécnica da USP, 2011.

CBIC – CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Projeto inovação tecnológica** – 1ª fase. Brasília: CBIC, [s.d.].

CE – CONSTRUCTING EXCELLENCE. **Constructing Excellence in 2012-13**. London: CE, 2013.

CEU – COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION. **BRUSSELS EUROPEAN COUNCIL** – PRESIDENCY CONCLUSIONS. Brussels: Council of the European Union, 20-21 Mar. 2003.

CUNNINGHAM, P. **International building and construction industry productivity reform programmes**: Building Research Association New Zealand (Branz) and Constructing Excellence in New Zealand (Cenz). Wellington: Constructing Excellence (NZ), ago. 2010.

DAGNINO, R. A relação universidade-empresa no Brasil e o "argumento da hélice tripla". **Revista Brasileira de Inovação**, Campinas, v. 2, n. 2, p. 267-307, jul./dez. 2009.

DE NEGRI, F.; SQUEFF, F. H. S. **Infraestrutura científica e tecnológica no Brasil**: análises preliminares. Brasília: Ipea, jun. 2014. (Nota Técnica, n. 21).

DIEESE – DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATÍSTICA E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS. **Estudo setorial da construção 2012**: estudos e pesquisas, n. 65, São Paulo, Dieese, maio 2013.

ECTP – EUROPEAN CONSTRUCTION TECHNOLOGY PLATFORM. **Position paper on European RDI policies and the next framework programme**. European continent: ECTP, 2011. (ECTP Position paper).

EDLER, J.; GEORGHIOU, L. Public procurement and innovation – resurrecting the demand side. **Research Policy**, v. 36, n. 7, p. 949-963, 2007.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanço Energético Nacional** – Ano-base 2012. Rio de Janeiro: EPE, 2013.

FAIRCLOUGH, J. **Rethinking construction innovation and research**: a review of the government's R&D policies and practices. London: Department of Trade and Industry, 2002.

FAIRWEATHER, J. R. Can building and construction sector innovation be improved? A review of innovation centres and their implications for New Zealand. **Agribusiness and Economics Research Unit**, 2010.

FORMOSO, C. T. (Coord.). **Plano estratégico para ciência, tecnologia e inovação na área de tecnologia do ambiente construído com ênfase na construção habitacional**. Porto Alegre: Antac, 2002.

FURTADO, B. A.; LIMA NETO, V. C.; KRAUSE, C. **Estimativas do *deficit* habitacional brasileiro (2007-2011) por municípios (2010)**. Brasília: Ipea, maio 2013.

GOIÂNIA recebe primeiro centro de parque tecnológico. **Portal Brasil**, 10 dez. 2013.

HAMPSON, K. D. *et al*. Investing for impact: constructing a better built environment. **Sustainable Built Environment National Research Centre**, 2013.

IDEA CONSULT. **Evaluation of the European technology platforms (ETPs)**. Brussels: Idea Consult, Aug. 2008. (Final Report).

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Evolução das despesas com habitação e transporte público nas pesquisas de orçamentos familiares (POFs)**: análise preliminar – 2002-2009. Brasília: Ipea, dez. 2010. (Comunicados do Ipea, n. 69).

KRAATZ, J. A.; HAMPSON, K. **Leveraging R&D investment for the Australian built environment**: industry report. Brisbane: Sustainable Built Environment National Research Centre, Dez. 2012.

LATHAM, M. **Constructing the team**: final report: joint review of procurement and contractual arrangements in the United Kingdom construction industry. London: HMSO, 1994.

MEDEIROS, A. Crescer para inovar. **Revista Petrobras**, v. 16, n. 161, p. 18, 2010.

MILFORD, R. **National systems of innovation with reference to construction in developing countries**. *In*: PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONSTRUCTION IN DEVELOPING COUNTRIES: BOTSWANA, 2., 2000.

PAULA, J. M. P. Riscos em obras públicas e o regime de contratação integrada. **Radar** – Tecnologia, Produção e Comércio Exterior, n. 26, p. 37-45, 2013.

PEREIRA, N. C. **Análise das condições político-institucionais para inovação tecnológica na construção civil**: adobe produzido com macrófitas aquáticas em Palmas-TO. 2008. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

ROVERE, R. LA; SHEHATA, L. Políticas de apoio a micro e pequenas empresas e desenvolvimento local: alguns pontos de reflexão. **Revista Redes**, v. 11, n. 3, p. 9-24, 2007.

SEADEN, G.; MANSEAU, A. Public policy and construction innovation. **Building Research & Information**, v. 29, n. 3, p. 182-196, maio 2001.

SHAPIRA, A.; ROSENFELD, Y. Achieving construction innovation through academia-industry cooperation – keys to success. **Journal of Professional Issues in Engineering Education & Practice**, v. 137, n. 4, p. 223-231, 2010.

SILVA, R. E. A. A. **Plataformas tecnológicas da construção**. 2008. Dissertação (Mestrado) –Universidade do Porto, Porto, 2008.

STEINER, J. E.; CASSIM, M. B.; ROBAZZI, A. C. **Parques tecnológicos**: ambientes de inovação. São Paulo: Instituto de Estudos Avançados da USP, 2008.

UNITED KINGDOM. Department for Business, Innovation & Skills. £150 million investment will help transform UK construction sector. **Gov.UK**, 2013.

WILDE, P. **Pisac** – Parque de Inovação e Sustentabilidade do Ambiente Construído. *In*: WORKSHOP SUSTENTABILIDADE DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Brasília: CBIC, 2011.

ANEXO

TABELA A.1
Grandes áreas e subáreas associadas aos grupos de pesquisas cadastrados no CNPq

Área/subárea	-
Administração	-
Administração de empresas	-
Administração de setores específicos	-
Administração pública	-
Ciências contábeis	-
(Vazio)	-
Agronomia	-
Antropologia	-
Arqueologia	-
Arquitetura e urbanismo	Selecionada
Fundamentos de arquitetura e urbanismo	-
Paisagismo	-
Projeto de arquitetura e urbanismo	Selecionada
Tecnologia de arquitetura e urbanismo	Selecionada
(Vazio)	Selecionada
Artes	-
Astronomia	-
Biofísica	-
Biologia geral	-
Bioquímica	-
Botânica	-
Ciência da computação	-
Matemática da computação	-
Metodologia e técnicas da computação	-
Sistemas de computação	-
Teoria da computação	-
(Vazio)	-
Ciência da informação	-
Arquivologia	-
Biblioteconomia	-
Teoria da informação	-
(Vazio)	-
Ciência e tecnologia de alimentos	-

(Continua)

(Continuação)

Ciência política	-
Comunicação	-
Demografia	-
Desenho industrial	-
Direito	-
Ecologia	-
Economia	-
Economia doméstica	-
Educação	-
Educação física	-
Enfermagem	-
Engenharia aeroespacial	-
Engenharia agrícola	-
Engenharia biomédica	-
Engenharia civil	Selecionada
Construção civil	Selecionada
Engenharia hidráulica	Selecionada
Estruturas	Selecionada
Geotécnica	Selecionada
Infraestrutura de transportes	Selecionada
(Vazio)	Selecionada
Engenharia de materiais e metalúrgica	Selecionada
Instalações e equipamentos metalúrgicos	-
Materiais não metálicos	Selecionada
Metalurgia de transformação	-
Metalurgia extrativa	-
Metalurgia física	-
(Vazio)	Selecionada
Engenharia de minas	-
Lavra	-
Pesquisa mineral	-
Tratamento de minérios	-
(Vazio)	-
Engenharia de produção	Selecionada
Engenharia do produto	Selecionada
Engenharia econômica	-
Gerência de produção	Selecionada
Pesquisa operacional	-
(Vazio)	Selecionada

(Continua)

(Continuação)

Engenharia de transportes	-
Engenharia elétrica	Selecionada
Circuitos elétricos, magnéticos e eletrônicos	Selecionada
Eletrônica industrial, sistemas e controles eletrônicos	
Materiais elétricos	Selecionada
Medidas elétricas, magnéticas e eletrônicas; instrumentação	
Sistemas elétricos de potência	-
Telecomunicações	-
(Vazio)	Selecionada
Engenharia mecânica	Selecionada
Engenharia térmica	-
Fenômenos de transporte	Selecionada
Mecânica dos sólidos	Selecionada
Processos de fabricação	-
Projetos de máquinas	-
(Vazio)	Selecionada
Engenharia naval e oceânica	-
Engenharia nuclear	-
Engenharia química	Selecionada
Operações industriais e equipamentos para engenharia química	
Processos industriais de engenharia química	
Tecnologia química	Selecionada
(Vazio)	Selecionada
Engenharia sanitária	Selecionada
Recursos hídricos	-
Saneamento ambiental	Selecionada
Saneamento básico	-
Tratamento de águas de abastecimento e residuárias	
(Vazio)	Selecionada
Farmácia	-
Farmacologia	-
Filosofia	-
Física	-
Fisiologia	-
Fisioterapia e terapia ocupacional	-
Fonoaudiologia	-
Genética	-
Geociências	Selecionada
Geodésia	-

(Continua)

(Continuação)

Geofísica	-
Geografia física	-
Geologia	Selecionada
Meteorologia	-
(Vazio)	Selecionada
Geografia	-
História	-
Imunologia	-
Letras	-
Linguística	-
Matemática	-
Medicina	-
Medicina veterinária	-
Microbiologia	-
Morfologia	-
Museologia	-
Nutrição	-
Oceanografia	-
Odontologia	-
Parasitologia	-
Planejamento urbano e regional	-
Probabilidade e estatística	-
Psicologia	-
Química	Selecionada
Físico-química	Selecionada
Química analítica	-
Química inorgânica	-
Química orgânica	-
(Vazio)	Selecionada
Recursos florestais e engenharia florestal	Selecionada
Conservação da natureza	-
Energia de biomassa florestal	-
Manejo florestal	Selecionada
Silvicultura	-
Técnicas e operações florestais	-
Tecnologia e utilização de produtos florestais	Selecionada
(Vazio)	Selecionada
Recursos pesqueiros e engenharia de pesca	-
Saúde coletiva	-

(Continua)

(Continuação)

Serviço social	-
Sociologia	-
Teologia	-
Turismo	-
Zoologia	-
Zootecnia	-
(Vazio)	-
(Vazio)	-

Elaboração do autor.

TABELA A.2
Áreas de conhecimento associadas aos grupos de pesquisas cadastrados no CNPq

Administração	Selecionada
Agronomia	-
Antropologia	-
Arqueologia	-
Arquitetura e urbanismo	Selecionada
Artes	-
Astronomia	-
Biofísica	-
Biologia geral	-
Bioquímica	-
Botânica	-
Ciência da computação	Selecionada
Ciência da informação	Selecionada
Ciência e tecnologia de alimentos	-
Ciência política	-
Comunicação	-
Demografia	-
Desenho industrial	-
Direito	-
Ecologia	-
Economia	-
Economia doméstica	-
Educação	-
Educação física	-

(Continua)

(Continuação)

Enfermagem	-
Engenharia aeroespacial	-
Engenharia agrícola	-
Engenharia biomédica	-
Engenharia civil	Selecionada
Engenharia de materiais e metalúrgica	Selecionada
Engenharia de minas	Selecionada
Engenharia de produção	Selecionada
Engenharia de transportes	-
Engenharia elétrica	Selecionada
Engenharia mecânica	Selecionada
Engenharia naval e oceânica	-
Engenharia nuclear	-
Engenharia química	Selecionada
Engenharia sanitária	Selecionada
Farmácia	-
Farmacologia	-
Filosofia	-
Física	-
Fisiologia	-
Fisioterapia e terapia ocupacional	-
Fonoaudiologia	-
Genética	-
Geociências	Selecionada
Geografia	-
História	-
Imunologia	-
Letras	-
Linguística	-
Matemática	-
Medicina	-
Medicina veterinária	-
Microbiologia	-
Morfologia	-
Museologia	-

(Continua)

(Continuação)

Nutrição	-
Oceanografia	-
Odontologia	-
Parasitologia	-
Planejamento urbano e regional	-
Probabilidade e estatística	-
Psicologia	-
Qualidim	-
Química	Selecionada
Recursos florestais e engenharia florestal	Selecionada
Recursos pesqueiros e engenharia de pesca	-
Saúde coletiva	-
Serviço social	-
Sociologia	-
Teologia	-
Turismo	-
Zoologia	-
Zootecnia	-

Elaboração do autor.

CAPÍTULO 9

A ESTRUTURA DO SISTEMA DE INOVAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS NO BRASIL

Bernardo Campolina[1]

1 INTRODUÇÃO

O setor agropecuário é extremamente relevante para a humanidade. Sob vários aspectos, esse vem sendo objeto de estudos pelos economistas desde Adam Smith, quando da discussão da renda da terra. O suprimento alimentar é algo que preocupa todos os países do mundo. A despeito de que o setor tenha se tornado secundário na discussão sobre desenvolvimento econômico contemporâneo, continua sendo objeto de amplas controvérsias. Ao longo da última metade do século XX, profundas mudanças ocorreram no setor agropecuário. Diante da necessidade de aumentar a produção agropecuária e de dar alguma estabilidade ao setor, sujeito às oscilações e intempéries climáticas – estas últimas cada vez mais frequentes –, foram sendo introduzidas mudanças significativas na agropecuária. As primeiras mudanças envolveram a mecanização e a utilização de insumos modernos (fertilizantes e defensivos agrícolas), financiadas pelo alargamento do crédito agrícola. Mas a evolução do setor agropecuário não ficou restrita a isso, e cada vez mais passou a se apoiar na pesquisa em ciências agrárias, biológicas, veterinária e engenharias, além de outras áreas afins. A adaptação de variedades de plantas e a seleção genética de rebanhos se tornaram uma constante para dar competitividade ao setor. Atualmente, os processos que envolvem modificação genética, clonagem e outras técnicas vêm ganhando cada vez mais importância. É neste contexto que este texto está inserido.

Para responder a uma parte desse desafio, um dos elementos centrais é a avaliação da situação da infraestrutura de pesquisa voltada para as ciências agrárias.[2] Antes desta análise, procuramos apresentar algumas comparações internacionais, de maneira a situar o Sistema Brasileiro de Inovação em Ciências Agrárias *vis-à-vis* seus congêneres no mundo. Em seguida, apresentamos a evolução do sistema nacional de inovação em ciências agrárias no Brasil, procurando mostrar como evoluiu e reagiu às mudanças de paradigma no âmbito da pesquisa agrícola no mundo e ante

1. Professor adjunto do Departamento de Ciências Econômicas e do Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (Cedeplar), da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Economista, doutor em geografia humana.

2. Aqui tratada de forma abrangente e que envolve pesquisas ligadas às ciências exatas e da terra, biológicas, veterinária, engenharias e ciências da saúde.

as mudanças e as transformações da economia mundial ao longo dos últimos vinte anos. Por último, apresentamos os resultados e analisamos a situação atual da infraestrutura de pesquisa em ciências agrárias a partir dos questionários respondidos pelas instituições.

O trabalho está estruturado em mais quatro seções. A primeira apresenta algumas comparações sobre a evolução da pesquisa agrícola em países selecionados, com destaque para Estados Unidos, Austrália e Argentina. A segunda seção apresenta a evolução histórica do sistema de pesquisa agrícola brasileiro desde os seus primórdios até os dias atuais, procurando apontar como foi sendo moldado e como tem se adaptado às mudanças do paradigma tecnológico; como passou da agricultura tradicional para a Revolução Verde – técnicas e insumos modernos (mecanização, fertilizantes, defensivos agrícolas etc.) e para um paradigma cada vez mais associado ao conhecimento – biotecnologia (adaptação de sementes, sementes geneticamente modificadas, dentre outros avanços da área); e os desafios impostos por estas mudanças à pesquisa agrícola contemporânea.

A seção três procura avaliar a situação da infraestrutura – equipamentos disponíveis no país. Para isso, faz uma caracterização dessa, procurando apresentar números, situação, tamanho do corpo de pesquisadores, idade dos equipamentos, valor dos equipamentos e uma avaliação dos coordenadores, além de outras variáveis. Por último, são apresentadas algumas considerações finais.

2 SISTEMA DE INOVAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS: COMPARAÇÕES INTERNACIONAIS

Há inúmeros estudos sobre os sistemas de inovação na área de ciências agrárias. O objetivo desta seção será apontar para alguns dos principais estudos que têm sido feitos na área, de maneira a situar posteriormente a evolução e a constituição do Sistema Brasileiro de Inovação em Ciências Agrárias. Dentre estes estudos, podemos destacar Janssen e Braunschweig (2003), Funk (2009) e Bin *et al.* (2013).[3]

Janssen e Braunschweig (2003), em um relatório de pesquisa produzido para o Serviço Internacional para a Pesquisa Agrícola Nacional (International Service for National Agricultural Research – Isnar), procuram estabelecer os principais desafios e tendências para as organizações relativas à pesquisa agropecuária em cinco países: Austrália, Estados Unidos, Holanda, Reino Unido e Suíça. Funk (2009) compara a evolução da pesquisa agrícola na Argentina e no Brasil. Bin *et al.* (2013) comparam quatro agências de pesquisa agrícola com o objetivo de apontar distinções e proximidade na condução da pesquisa agrícola. No último capítulo, apresentam-se algumas implicações para os países em desenvolvimento.

3. Entre outros trabalhos, podemos citar: Salles-Filho (1993), Funk *et al*. (2008), Carvalho *et al.* (2007) e Possas *et al.* (1996).

Seguindo essa proposta metodológica, a seção será subdividida em três subsecções. A primeira trata a evolução do sistema de pesquisa agropecuário dos Estados Unidos; a segunda subseção apresenta o caso australiano; por último, será apresentado o caso argentino. A escolha destes três países foi feita devido à sua importância. Os Estados Unidos foram escolhidos por terem o maior Sistema de Pesquisa Agropecuária do mundo; e a Austrália, devido a sua particularidade e, em alguns aspectos, similaridade com o Brasil – é uma economia de tamanho intermediário, mas com uma base intensiva em recursos naturais, orientada para a exportação, distante de vários mercados, com poucos subsídios ao setor agrícola. No caso da Argentina, a escolha se deveu ao fato de que o país faz parte do Mercosul e está próximo geograficamente.

2.1 O caso dos Estados Unidos

O sistema de inovação norte-americano em pesquisa agropecuária é o maior e o mais complexo do mundo. Os Estados Unidos têm o maior sistema de pesquisa agrícola de todos os países desenvolvidos. O gasto em pesquisa e desenvolvimento (P&D) estimado foi de cerca de US$ 10 bilhões em 2009 (United States Department of Agriculture – Usda). A pesquisa pública respondeu por cerca de metade deste valor, enquanto a pesquisa financiada com recursos privados respondeu pela outra metade.[4] Devido ao tamanho e à estrutura, é difícil discernir uma orientação específica no sistema – se público ou se privado. O sistema público de investigação tem como objetivos melhorar a contribuição do setor agrícola para o desenvolvimento econômico interno e aumentar a competitividade da agricultura norte-americana nos mercados internacionais.

A pesquisa pública é gerida a partir de duas estruturas distintas. Uma dessas estruturas é o Departamento de Agricultura (Usda); a outra estrutura, na qual está ligada a pesquisa pública, são as estações agrícolas experimentais, que estão ligadas às universidades.

O Departamento de Agriculta tem a sua política executada a partir de três agências, sendo a maior a Serviço de Pesquisa Agrícola (ARS), responsável pela condução da pesquisa. A ARS mantém 290 unidades e laboratórios em todo o país. A missão das ARS está estruturada a partir de cinco macro-objetivos: *i)* pesquisa direta para o desenvolvimento e a transferência de soluções para os problemas prioritários nacionais ligados à agricultura e à garantia de acesso à informação para manter a oferta de alimentos de alta qualidade; *ii)* compreender as necessidades nutricionais da população; *iii)* manter uma agricultura competitiva; *iv)* destacar os recursos naturais e o meio ambiente; *v)* criação de oportunidades econômicas para os cidadãos, as comunidades rurais e para a sociedade em geral (Usda/ARS,

4. Disponível em: <http://goo.gl/IHDpjR>. Acesso em: dez. 2015.

2014).[5] A Empresa Brasileira de Pesquisa Agrícola (Embrapa) seria o equivalente a ARS norte-americana. Verdade que, além da Embrapa, o Ministério da Agricultura possui um conjunto de laboratórios.

A segunda maior agência do Departamento de Agricultura Norte-Americano (Usda) é a Serviço de Pesquisas Econômicas (ERS), localizada em Washington. A ERS realiza análises econômicas de temas relacionados com a agricultura, a nutrição, o meio ambiente e o desenvolvimento rural, com ênfase em questões como a eficiência, a eficácia e a equidade, com o objetivo de contribuir para a tomada de decisão pública e privada (Usda/ERS, 2014)[6]. O equivalente no Brasil seria a Secretaria de Política Agrícola do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. A terceira agência do Departamento de Agricultura é a Serviço Florestal (UsdaFS).

Todo o subsistema de pesquisa teve um orçamento total de cerca de US$ 4,9 bilhões em 2014, de acordo com os dados do orçamento norte-americano.[7] O Usda trabalha principalmente sobre temas de interesse nacional. Mais de 50% de sua pesquisa é classificada como básica; enquanto a outra parte de sua agenda de pesquisa apoia a regulação e a legislação federal.

O segundo componente estrutural da pesquisa pública são as estações experimentais agrícolas, que estão ligadas às universidades. Em 2011, o *funding* através deste mecanismo foi de US$ 2,9 bilhões – cerca de 70% deste *funding* teve como origem financiamento federal, de fundos do Estado e outras agências, além de honorários e vendas e contratos do setor privado. Todos os Estados têm instituições que pertencem a este subsistema. A missão exata dos diferentes componentes dos Sistemas Estaduais de Pesquisa Agrícola (Saes) varia de acordo com as necessidades estaduais. Os Saes trabalham com temas de interesse para o Estado e, com frequência, de acordo com as demandas e as necessidades regionais/locais. No entanto, muitos projetos de pesquisa do Saes têm impactos fora do estado onde a pesquisa é realizada, por isso, em reconhecimento a esses impactos adicionais, o governo federal apoia pesquisas levadas a cabo pelos estados beneficiados afetados.

Do ponto de vista do financiamento e execução, a pesquisa privada é completamente separada da investigação pública. Há uma certa quantidade de implementação de investigação privada no âmbito do sistema público através do Saes, mas a grande maioria das pesquisas privadas (cerca de US$ 5 bilhões) é financiada e executada por empresas como a Cargill, a Bunge, a Monsanto, entre outras.

De acordo com Janssen e Braunschweig (2003), o sistema de inovação e pesquisa agrícola dos Estados Unidos tem sido muito estável ao longo dos últimos

5. Disponível em: <http://goo.gl/ovo9CW>. Acesso em: dez. 2015.
6. Disponível em: <http://goo.gl/hwZ3WE >.
7. Disponível em: <http://goo.gl/rOsU0D>.

cem anos, e modificações ao longo da última década foram incorporadas sem grandes alterações estruturais. Uma peculiaridade do sistema norte-americano é que a distribuição de responsabilidades não segue o padrão esperado. Em geral, considera-se que a pesquisa básica é de responsabilidade das universidades e que a pesquisa aplicada é mais bem implementada em institutos de pesquisa. No entanto, nos Estados Unidos, as universidades estão ligadas às demandas do Estado, que, em geral, têm um caráter mais aplicado, e as instituições de pesquisa do Usda estão ligadas às demandas nacionais, que, em geral, têm um caráter mais básico. O sucesso evidente do sistema tende a sugerir que não existe uma receita única para a definição de responsabilidades de pesquisa.

2.2 O caso australiano

O sistema australiano de pesquisa agropecuária está estruturado e organizado a partir de um conjunto de três instituições: o Ministério da Agricultura, a Agência Nacional de Pesquisa e o sistema de pesquisa universitário.

O Ministério da Agricultura é responsável por centros de pesquisa, tradicionalmente focados em temas que são diretamente relacionados ao interesse governamental. O ministério responde pela extensão, pela regulação e pela pesquisa.

A segunda instituição é a agência de pesquisa nacional – a Organização Nacional para Pesquisa Científica e Industrial (CSIRO), responsável pela pesquisa em âmbito federal. Como é uma instituição voltada para pesquisa de uma forma geral, apenas um quinto da pesquisa é voltada para a agropecuária. Tradicionalmente voltado para a pesquisa básica, a partir de 1994, a agência passou a se dedicar também à pesquisa aplicada, devido a pressões financeiras (30% do orçamento deve ser gerado a partir de fontes não governamentais). No orçamento fiscal de 2013-2014, do total de US$ 969 milhões, 37% foram obtidos do setor privado, da prestação de serviços e de outros mecanismos. O sistema de pesquisa ligado às universidades respondem por uma parcela menor dos gastos em pesquisa.

Grant (2012) estima que o gasto em P&D na agropecuária foi de cerca de $ 1,5 bilhão, o que representou algo entre 5% e 6% do gasto total em P&D em 2009, que foi de $ 27 bilhões na economia como um todo. O autor aponta que o gasto em P&D voltado para agropecuária é pouco maior do que a participação da produção do setor no produto interno bruto (PIB). O setor público responde pela maior parte do gasto em P&D – 76% do total em 2009, sendo que aproximadamente 50% advém do governo australiano e 28%, dos governos regionais. O setor privado respondia por cerca de 25% do gasto em P&D total. Importante salientar que a participação do setor privado é pequena se comparada com o modelo norte-americano, o que pode ser explicado pelo tamanho do mercado, que é bem menor e mais restrito, não possibilitando grandes ganhos de escala.

Por outro lado, a pesquisa está voltada para ganhos de competitividade internacional e tem uma estreita visão tecnológica.

Uma das especificidades do caso australiano é a grande interface com os produtores. Até 1989, a pesquisa pública estava dispersa em 493 unidades de pesquisa, que tinham em média onze pesquisadores por unidade. Com objetivo de alterar essa orientação, o sistema de pesquisa em ciências agrárias passou por uma ampla transformação desde então. Houve uma profunda mudança institucional, e a constituição do modelo baseado nas corporações de pesquisa e desenvolvimento (RDCs).[8] Sob este modelo, a indústria, em particular os pequenos proprietários, entendem que é fundamental que sejam alocados recursos para financiar a pesquisa e o desenvolvimento agropecuário. Neste sentido, o governo define a contribuição de cada produtor (indústria e proprietários agrícolas) de acordo com o seu tamanho. O governo em conjunto com o setor produtivo definem também as prioridades do gasto em P&D. Em 2009, havia, na Austrália, quinze RDCs,[9] cujo orçamento foi da ordem de $ 470 milhões.

Grant (2012) aponta a relação positiva entre a P&D e os ganhos de produtividade, em especial no período de 1950 a 1994. O incremento na produtividade foi de tal ordem que compensou a deterioração dos termos de troca dos produtos agropecuários australianos e permitiu que o país tivesse condições de competir no mercado internacional. Da metade dos anos 1990 em diante, houve uma redução no aumento da produtividade, cuja explicação está em dois fatores: uma seca de cerca de dez anos que afetou a Austrália e uma redução do gasto público em P&D. Neste sentido, Grant (2012) aponta para a necessidade de utilizar os recursos existentes para P&D de maneira mais eficiente. Assim, tanto a Comissão de Produtividade do Governo Australiano quanto o sistema de corporações se dedicaram a repensar o Sistema de Pesquisa Agropecuária, o que foi feito em 2011, e deverá servir como base para remodelar e repensar o sistema. Entre as questões que já estão na agenda de pesquisa, está a questão das mudanças climáticas e seus efeitos sobre a produção agropecuária.[10]

Dentre os resultados, está o desenvolvimento da plataforma nacional de pesquisa da indústria primária, uma iniciativa para melhorar o Sistema de Pesquisa Agropecuária australiano e que traçou um planejamento de curto, médio e longo prazo (vinte anos). O esforço conglomera empresas de P&D, governos regionais, instituições de pesquisa, agências de fomento e o setor produtivo. Há todo um

8. No original, Research and Development Corporations.

9. São elas: algodão; pescados; grãos; uva e vinho; indústrias rurais; açúcar; Cia. Australiana de Ovos Ltda.; Cia. de Exportação Pecuária da Austrália; Cia. de Processamento de Carne da Austrália; Cia. de Suínos da Austrália Ltda.; Inovação em Lã; laticínios; produtos florestais e de madeira; Hortifrutigranjeiros Aus. Ltda.; e Carne e Pecuária da Austrália.

10. Para mais detalhes, consultar: <http://www.ruralrdc.com.au>.

planejamento e uma metodologia própria para levar a cabo a definição e a formatação de cada um dos programas.

2.3 O caso argentino

A experiência argentina se torna relevante pela proximidade e facilidade de interação regional que há entre os dois países.

Funk (2009) faz um estudo comparativo entre a evolução tecnológica e a institucional da pesquisa agrícola no Brasil e na Argentina sob diversos aspectos. O autor analisa a evolução dos marcos normativos e a questão da preservação da propriedade intelectual; as transformações e a evolução da legislação no que diz respeito à produção de grãos geneticamente modificados, além de fazer uma comparação entre as principais instituições de pesquisa agropecuária – a saber, entre a Embrapa e o Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (Inta).

A pesquisa agrícola se inicia, na Argentina, no final do século XIX e início do século XX. Contava com forte presença estrangeira, cujo estímulo era dado pelo governo argentino, visando melhorar a qualidade das sementes utilizadas pelos produtores daquele país. As pesquisas se concentravam principalmente nas universidades, como a Universidad Nacional de La Plata e a Universidad de Buenos Aires. Mas foi apenas nas décadas de 1930 e 1940 que houve um processo de institucionalização. De um lado, com a atuação de empresas de origem familiar, como a Klein e a Buck, criadas em 1919 e 1930, e da Relmó, de 1962. As duas primeiras se dedicaram a atuar no melhoramento genético do trigo e de outros cereais, enquanto a terceira se dedicou à soja. Nos anos de 1940 e 1950, também se instalaram as primeiras empresas estrangeiras, como a Cargil e a Monsanto. Posteriormente, a Nidera Semillas, a Pioneer e a Syngenta.

Do ponto de vista governamental, foi importante a criação do Instituto de Fitotecnia, em 1945. O Inta seria criado em 1956 com o objetivo de impulsionar a pesquisa e a extensão rurais. Funk (2009) aponta que, apesar da entrada de um número muito elevado de empresas estrangeiras, as empresas locais continuam sendo muito importantes, devido à competência que adquiriram no melhoramento e ao conhecimento local.

O Inta foi fundado em 1956, no contexto da Revolução Verde[11] e teve como objetivo modernizar a agricultura argentina a partir da adaptação e geração de tecnologias agropecuárias e do desenvolvimento de práticas de extensão rural. A instituição se faz presente nas principais regiões produtoras e concentra os esforços em pesquisa agropecuária no país. A Embrapa, cujo funcionamento será detalhado posteriormente, foi criada quase vinte anos depois, e, desde o início, mostrou-se

11. A intensificação na utilização de equipamentos e insumos modernos (máquinas, fertilizantes e pesticidas).

diferente do caso argentino: seu foco era com a pesquisa (a extensão era atribuição de outra organização federal, a Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural – Embrater, extinta em 1991, em articulação com organizações de assistência técnica e extensão rural estaduais, estas últimas ainda em operação). Coube, e ainda cabe, à instituição coordenar a pesquisa em âmbito nacional a partir da organização dos principais atores componentes do sistema, como as Organizações Estaduais de Pesquisa Agropecuária (Oepas), as universidades, as cooperativas de pesquisa etc. (Funk, 2009, p. 120).

Funk (2009) faz uma retrospectiva histórica detalhada acerca da evolução do Inta e mostra que este passou por uma mudança institucional bem mais complexa e difícil do que aquela pela qual a Embrapa passaria a partir da segunda metade dos anos 1980. Há um esforço recente de modernização no âmbito de um Plano Estratégico Institucional (2005-2015), que procura colocar o instituto na fronteira do conhecimento. Foi apenas no final dos anos 1980 e início dos anos 1990 que o Inta começou a levar a cabo um projeto para não só desenvolver, mas também difundir e vender cultivares em escala comercial.

Isso pode ser verificado na baixa participação que o Inta tem no segmento de sementes geneticamente modificas (GM). A importância da GM para a Argentina se deve ao fato de que foi, junto com os Estados Unidos e o Canadá, um dos primeiros países a introduzir lavouras com GM, sendo que em 1996 já havia plantações em escala comercial. A Argentina possui uma das maiores áreas plantadas de transgênicos do mundo.[12]

A atuação do instituto, por sua vez, se limitou às técnicas de manejo, controle de pragas, enfermidades e doenças e técnicas de plantio. Funk (2009) conclui que a participação do Inta não se dá a partir de sementes por ele desenvolvidas, mas sim através de técnicas e métodos que favoreçam a utilização de materiais desenvolvidos por outras instituições. Apesar deste esforço, Funk (2009) conclui que o Inta perdeu espaço no âmbito da pesquisa devido à dificuldade de concorrência com o setor privado.

Com uma abordagem diferente, Bin *et al.* (2013) comparam quatro estruturas de pesquisa agropecuária distintas: o Agricultural Research Service (ARS), dos Estados Unidos; o Research Branch of Agriculture and Agri-Food Canada (AAFC); o National Agricultural Reserach Institute, do Uruguai; e a Embrapa.

Os autores concluem que as quatro instituições de pesquisa têm procurado consolidar e melhorar seus modelos de gestão de maneira a priorizar a inovação. Apesar das diferenças de tamanho e escala, há um conjunto de aspectos comuns

12. No Brasil, a liberação oficial de sementes geneticamente modificadas só ocorreu dez anos depois, em 2005, com a nova Lei de Biossegurança – Lei nº 11.105/2005.

que aproximam a trajetória que tem sido traçada por eles. Isso pode ser comprovado pela consolidação dos modelos institucionais de planejamento; pela gestão de projetos de pesquisa temáticos, organizados por tipo de pesquisa e instrumento de colaboração; uma estrutura matricial descentralizada, com unidades responsáveis pela condução de seus projetos de pesquisa; um portfólio de pesquisa que faz uma mistura entre *funding* interno e externo; utilização de mecanismos competitivos para definição dos projetos; participação de diferentes atores do sistema nacional de inovação agropecuária para ajudar na prospecção e definição de temas de pesquisa; adoção de normas e definições relativas a propriedade intelectual e transferência de tecnologia; e políticas que têm como objetivo comercializar e difundir conhecimento e tecnologias produzidas (Bin *et al.*, 2013).

3 CONSTITUIÇÃO DO SISTEMA DE INOVAÇÃO NACIONAL EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

3.1 Introdução

Para melhor compreender a evolução e o modelo de pesquisa agrícola no Brasil e a constituição do sistema de inovação adotado, é importante resgatar, ainda que brevemente, os diversos modelos adotados pelo mundo e a conformação do modelo brasileiro. O caso inglês se caracterizou pela tradição do *laissez-faire*, o que não foi suficiente para responder às demandas por resultados práticos exigidos na área. O modelo alemão se caracterizou pela presença forte do Estado, que financiou diversas instituições de pesquisa, edificando prédios, instalando laboratórios e formando pesquisadores e profissionais. A primeira instituição de pesquisa agrícola sustentada pelo governo foi constituída na Alemanha em 1852 e era uma estação experimental. Nestes moldes, foram implantadas 74 estações experimentais na Alemanha entre 1852 e 1877 (Hayami e Ruttan, 1988).

O modelo de pesquisa agrícola alemão acabou servindo de base e foi reproduzido em diversos outros países, como os Estados Unidos e o Japão. O Brasil sofreu forte influência do modelo alemão e acabou por estruturar a pesquisa agrícola sob a instrução da administração pública. Carvalho (1992) chama atenção para o fato de que, no caso brasileiro, a pesquisa agrícola estimulada teve como objetivo atender às necessidades de grandes produtores de culturas de exportação, muito mais do que às necessidades de pequenos e médios produtores.

Para Santos (1998), desde o Brasil Colônia, a pesquisa agrícola no Brasil foi orientada para a seleção de melhores variedades em termos de produtividades e para a busca de práticas agrícolas mais simples. O Estado brasileiro foi o maior patrocinador e norteador na instalação de vários institutos de pesquisa e escolas de agronomia e elaborou as diretrizes da pesquisa, o que em alguma medida permanece até os dias atuais.

Alguns autores entendem que a base institucional para a execução de políticas de ciência e tecnologia no Brasil e também para uma política voltada para as ciências agrárias só começou efetivamente a ser delineada a partir da década de 1930. Todavia, pode-se concluir que só ganhou uma estruturação efetiva e escala com o rápido processo de urbanização e industrialização a partir da década de 1950. A mudança demográfica e a constituição de um país urbano-industrial tornavam necessária uma modernização da agricultura brasileira que fosse capaz não apenas de garantir alimentos para os centros urbanos a preços baixos, mas também que fosse um importante elemento para garantir reservas externas capazes de garantir um fluxo de capital necessário à manutenção do ritmo da industrialização.

O modelo a ser adotado, principalmente após o Golpe Militar de 1964, foi o da Revolução Verde, que fez com que a pesquisa agrícola fosse se adaptando às novas políticas governamentais, tratando de obter novos cultivares, adotando recursos modernos, como fertilizantes, máquinas e equipamentos. A pesquisa agrícola foi estimulada a promover o desenvolvimento e a conformação do Complexo Agroindustrial Brasileiro (CAI), promovendo pesquisas na área de conservação e beneficiamento de alimentos.

O objetivo desta seção do texto é apresentar a evolução da pesquisa agropecuária no Brasil. Além desta seção, que procurou resgatar a influência do modelo alemão para o caso brasileiro e brevemente apontar como a modernização da agricultura brasileira esteve inserida em um contexto mais amplo, a seção seguinte traça um breve histórico do sistema de inovação em ciências agrárias.

3.2 Breve histórico da evolução do Sistema de Inovação em Ciências Agrárias

A constituição de um sistema de inovação nacional em ciências agrárias foi tardia no Brasil, bem como a pesquisa. Foi somente na segunda metade do século XIX[13] que foram criadas as primeiras instituições de pesquisa da área, como o Imperial Instituto de Agricultura do Rio Grande do Sul (Pelotas) e o Instituto Agronômico de Campinas (IAC).

O início do século XX dará novo impulso à pesquisa agrícola. Em 1901, foi criada a Escola Agrícola Prática "Luiz de Queiroz", atualmente Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq), que hoje faz parte da Universidade de São Paulo (USP). Em 1910, foi regulamentado o ensino agronômico no país e criada a Escola Superior de Agricultura e Medicina Veterinária no Rio de Janeiro, um dos pilares da atual Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Entraram em funcionamento o Instituto de Química Agrícola (1918) e o Instituto Biológico de Defesa Animal (1920). Em 1922, foi criada a Escola Superior de Agricultura e Veterinária do Estado de Minas Gerais, em Viçosa, que mais tarde

13. A literatura da área considera a fundação do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, em 1808, o marco inicial da pesquisa agrícola no Brasil.

passou a denominar-se Universidade Federal de Viçosa (UFV), que seria um dos berços da criação da Embrapa.

Alves e Contini (1992) analisaram o processo de modernização da agricultura brasileira, ressaltando as mudanças necessárias ao setor agrícola para que pudesse suportar e mesmo gerar divisas para o crescimento dos setores industrial e de serviços. Os autores colocam a questão através de dois modelos básicos: um mais simples, cujo aumento da produção agrícola advém da simples incorporação de mais terra à produção agrícola; e outro que tem como base a pesquisa e a difusão de tecnologia para que ocorram ganhos de produtividade.

Segundo esses autores, até os anos de 1950, o modelo de expansão agrícola brasileiro baseou-se na expansão da fronteira. Durante esta fase, a pressão por aumento de produtividade era ainda pequena, e o país podia ser considerado rural e com uma agricultura voltada para o exterior, em que a necessidade de ganhos de produtividade não era essencial. A exceção fica por conta de São Paulo, que já havia criado duas escolas de agronomia (Luiz de Queiroz e o Instituto Agronômico de Campinas). Segundo os autores, várias outras escolas de agronomia foram criadas no período 1930-1950, mas este fato não significou a criação de um novo modelo de pesquisa agropecuária, pois não havia ainda um projeto nacional para a questão.

A primeira tentativa de se implantar um sistema nacional de pesquisas agronômicas foi feita pelo governo federal em 1938, com a criação de vários institutos de pesquisa, agrícolas, tendo sido o primeiro estabelecido no Rio de Janeiro. Dez anos depois, em 1948, criou-se, em Minas Gerais, a Associação de Crédito e Assistência Rural (Acar), que se expandiu para o Rio Grande do Sul, o Nordeste, Santa Catarina e o restante do território nacional. Em 1956, criou-se a Associação Brasileira de Crédito e Assistência Rural (ABCAR) com o intuito de organizar o sistema nacional e buscar recursos federais. A criação da ABCAR marcou a mudança e o avanço institucional, que passou a congregar os governos estadual e federal. Além disso, cresceu no período a importância das iniciativas privadas de assistência técnica.

No início dos anos 1960, um novo impulso às pesquisas agrícola e pecuária ganharia força com a reorganização do Ministério da Agricultura, efetuada por meio da Lei Delegada nº 9, de 11 de outubro de 1962, que criou os Institutos de Pesquisa e Experimentação Agrícola (Ipeas), vinculados diretamente ao órgão, num total de seis para o Brasil. Foram esses o IpeaN (Belém), o IpeaNE (Recife), Ieal (Cruz das Almas, Bahia); o IpeaCO (Sete Lagoas, Minas Gerais), o IpeaCS (Itaguaí, Rio de Janeiro); e Iepas (Pelotas, Rio Grande do Sul), todos eles foram posteriormente incorporados à Embrapa.[14]

14. Para um detalhamento da estrutura e da evolução da pesquisa agrícola no Brasil até meados da década de 1980, ver Freitas Filho *et al*. (1986).

Além desses institutos de pesquisa, inúmeros outros departamentos e institutos de pesquisa regionais foram estruturados e configurados, além de toda a reestruturação do Ministério da Agricultura. Foi a partir deste momento que foi concedida autonomia às universidades rurais, e, em consequência, as atividades de ensino e pesquisa deixaram de ser subordinadas a uma coordenação única. Foi criado o Departamento de Pesquisa e Experimentação Agropecuária, ao qual os institutos de pesquisa estavam ligados. De forma semelhante, têm-se o Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuárias (IpeaO), no Mato Grosso, e o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF), além de outros órgãos estaduais e federais envolvidos nos processos de pesquisa e desenvolvimento.

Em 1973, ocorreu nova mudança, sendo que a maior parte desses institutos de pesquisa e experimentação foi reunida e/ou subordinada à recém-criada Embrapa. Atualmente, conta com 46 centros de pesquisa e dezesseis unidades centrais, estando presente em todos os estados brasileiros. Possuía 9.859 empregados, sendo que 2.450 eram pesquisadores, 45% com mestrado e 53% com doutorado, operando um orçamento da ordem de US$ 1 bilhão (2010). Além disso, a empresa coordena o Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA), composto pelas Oepas, por universidades de institutos de pesquisa de âmbito federal ou estadual, além de outras organizações públicas ou privadas, direta ou indiretamente vinculadas à atividade de pesquisa agropecuária.

O sistema, em sua forma vigente, foi instituído em 1992 pela Portaria nº 193, de 7 de agosto de 1992, do Ministério da Agricultura, e autorizado pela Lei Agrícola (Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991). *São objetivos do SNPA*:

- compatibilizar as diretrizes e as estratégias de pesquisa agropecuária com as políticas de desenvolvimento definidas para o país, como um todo, e para cada região, em particular;
- assegurar constante organização e coordenação das matrizes de instituições que atuam no setor em torno de programação sistematizada, visando eliminar a dispersão de esforços, sobreposições e lacunas não desejáveis;
- favorecer o desenvolvimento de um sistema nacional de planejamento para pesquisa, acompanhamento e avaliação;
- estabelecer um sistema brasileiro de informação agrícola, com formação de banco de dados para a pesquisa e o desenvolvimento agropecuários, facilitando o acesso aos usuários e clientes da pesquisa agropecuária;
- promover o apoio à organização e à racionalização de meios, métodos e sistemas com desenvolvimento em informatização das instituições;
- proporcionar a execução conjunta de projetos de pesquisa de interesse comum, fomentando uma ação de parceria entre instituições, no desenvolvimento de ciência e tecnologia para a agropecuária;

- coordenar o esforço de pesquisa para atendimento às demandas de regiões, estados e municípios, a fim de proporcionar melhor suporte ao desenvolvimento da agropecuária;
- promover o intercâmbio de informações e documentação técnico-científica nas áreas de interesse comum;
- favorecer o intercâmbio de pessoal para capacitação e o assessoramento interinstitucional; e
- possibilitar apoio técnico, administrativo, material e financeiro entre instituições integrantes, na medida das necessidades e interesses da programação e das missões a desempenhar.

Na área internacional, a Embrapa mantém inúmeros acordos de cooperação técnica em 56 países, envolvendo 155 instituições de pesquisa internacionais. Além disso, tem um programa de cooperação internacional conhecido como Labex que permite a cooperação e a utilização de laboratórios voltados para a pesquisa agrícola em diversas partes do mundo, o que tem permitido o acesso às mais altas tecnologias da pesquisa agropecuária e a troca de informações.[15]

Esse sistema tomou impulso a partir de 1974, com a transformação e a adequação da Associação Brasileira de Crédito e Assistência Rural na configuração da Embrater e das Empresas Estaduais de Assistência Técnica Rural (Ematers) nos estados. Juntamente com a Embrapa, estas empresas tinham como função a pesquisa e a difusão tecnológica.

3.3 Resultados

Um exemplo dos resultados e do esforço da pesquisa agropecuária diz respeito à incorporação produtiva do Cerrado, que teve um dos primeiros estudos[16] com relação a suas condições agrícolas produzido em 1972 pelo Instituto de Planejamento Econômico e Social (Ipea) e pelo Instituto de Planejamento (Iplan), em convênio com a Secretaria de Agricultura do Estado de Minas Gerais. Intitulado *Aproveitamento atual e potencial dos cerrados*, o estudo abrangeu a geografia física (solos, relevo, clima, precipitação etc.), aspectos econômicos (sistema de transporte e necessidade de financiamento) e aspectos institucionais, no que diz respeito à condução das pesquisas na área.

O Cerrado responde por 23% do território nacional e engloba diversos tipos de vegetação, possui um clima tropical sazonal, com uma estação seca pronunciada de quatro a seis meses e chuvas anuais de 1000-2000 mm. A topografia da região apresenta boas possibilidades para o emprego de práticas agrícolas mecanizadas,

15. Disponível em: <https://goo.gl/oTjL2z>. Acesso em: dez. 2015.

16. Minas Gerais já havia tido algumas experiências no que tange à agricultura dos cerrados. Pode-se destacar a Escola Experimental de Felixlândia (MG), durante o governo Irsael Pinheiro (1965-1970).

visto que o relevo é em geral plano ou de ondulações suaves. O principal obstáculo à agricultura nos cerrados diz respeito à baixa fertilidade natural, limitada devido a sua acidez (baixo pH) e baixo teor de cálcio, o que facilita a perda de minerais solúveis por meio de lixiviação. Além disso, os solos do Cerrado são, em geral, pobres em fósforo assimilável, com média ou baixa disponibilidade de nitrogênio e potássio trocável e teor baixo e/ou muito baixo de cálcio e magnésio trocáveis. Estas características praticamente impossibilitariam o emprego de sistemas de manejo primitivo, conforme os resultados dos estudos do Ipea (1973).

Essas características, no entanto, foram superadas com a correção do solo, que viabilizou a incorporação do pacote das tecnologias de mecanização e de insumos químicos, superando os problemas de fertilidade mediante adição dos componentes químicos em que os cerrados eram deficientes, coerentemente com a orientação técnica, ideológica e política do modelo da "revolução verde". O estudo do Ipea (1973) já mostrara que o uso de técnicas avançadas, envolvendo o sistema de calagem, a mecanização e os insumos modernos, possibilitaria a incorporação de terras consideradas menos aptas para a atividade agrícola. Este estudo foi responsável pela expansão significativa no cultivo arável e pela conversão de regiões qualificadas como ruins para a agricultura em áreas aproveitáveis mediante o emprego das novas técnicas.

O esforço do setor público combinou-se com a iniciativa privada, especialmente com as cooperativas de produtores, as quais exerceram o papel de assimilação e difusão dos avanços tecnológicos, constituindo um verdadeiro sistema setorial de inovação, na linha amplamente analisada pela teoria da inovação (Nelson, 1993).

Nesse caso, vários fatores facilitaram a expansão produtiva nos cerrados: impossibilidade de ampliação das áreas produtoras de grãos nos estados do Sul (Rio Grande do Sul, Paraná e Santa Catarina) e no estado de São Paulo; aumento do preço da terra nestes estados; mudança na estrutura produtiva do estado de São Paulo em prol de produtos de maior valor por área (a exemplo da cana-de-açúcar e da laranja). Em função disso, houve deslocamento de produtores das regiões tradicionais para os cerrados, acompanhados ou estimulados pelas cooperativas que já atuavam nos estados de origem criando filiais na região dos cerrados. Parte desse processo ficou conhecido como "gauchização" da fronteira agrícola brasileira, havendo transferência não só de conhecimentos técnicos e habilidades, como também de valores culturais, a exemplo da reprodução dos Centros de Tradição Gaúcha (CTGs) em várias localidades na região dos cerrados.

Adicionalmente, empresas privadas e outras entidades ligadas a produtores rurais passaram a investir em pesquisa e difusão tecnológica na área dos cerrados. Um dos casos de maior sucesso é o da Fundação Mato Grosso, entidade sem fins lucrativos criada no início dos anos 1990 que vem trabalhando em pesquisas de melhoria e adaptação de grãos, especialmente a soja e o algodão, para a área de cerrado.

Desde meados da década de 1960, o setor agropecuário brasileiro vem passando por grandes transformações tecnológicas, econômicas e de estrutura produtiva, o que foi caracterizado pela literatura especializada como processo de "modernização conservadora", no bojo da influência internacional da "revolução verde" (Guimarães, 1979; Müller, 1982; Delgado, 1985; Silva, 1996). Esta modernização foi denominada conservadora, pois não alterou a estrutura agrária e os interesses das oligarquias regionais.[17]

O que ocorreu no Brasil, como em outras partes do mundo, foi a adoção do modelo que ficou conhecido como revolução verde, sob forte influência ideológica e política americana. Este modelo foi proposto e implementado por instituições americanas e multilaterais (Fundação Ford, Fundação Rockefeller, Banco Mundial e United States Agency for International Development – Usaid) como sendo a forma de se salvar a agricultura dos países em desenvolvimento de uma suposta incapacidade de superar os obstáculos tecnológicos (Alves e Contini, 1992). Por outro lado, ela correspondia ao interesse das multinacionais produtoras de insumos e equipamentos agrícolas, as quais determinaram os novos padrões tecnológicos e subordinaram os produtores à sua lógica. Era um modelo que não tinha por objetivo atacar um grave problema dos países atrasados: a concentração fundiária e as relações de produção. Consistia basicamente em adotar um pacote tecnológico capaz de aumentar a produção agrícola destes países sem modificar a estrutura agrária. Foram criadas instituições em várias partes do mundo[18] para dar suporte ao desenvolvimento de novas variedades. No Brasil, tal modelo também foi seguido, tendo na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária seu principal agente de pesquisa e difusão tecnológica.

Não resta dúvida sobre o sucesso do modelo do ponto de vista da melhoria na produção e no incremento da produtividade. Os pequenos produtores menos capitalizados ficavam à margem deste processo. O pacote tecnológico que demandava insumos de ponta, como fertilizantes e maquinário avançado, inviabilizou o acesso desses produtores à modernização agrícola (Alves, 2013; Santos e Vieira Filho, 2012).

O período de 1960 a 1985 marca a mudança na base técnica da agricultura brasileira, com a consolidação do Complexo Agroindustrial Brasileiro (CAI). A partir desse momento, a agricultura brasileira tornar-se-ia cada vez menos dependente de

17. Para análise do papel da agricultura no processo de desenvolvimento, ver especialmente Guimarães (1979) e Hobsbawn (1979). Para uma análise da perda de importância relativa da agricultura e de sua subordinação ao setor industrial, ver Johnston (1970).

18. Guimarães (1979) cita algumas dessas instituições: Agricultural Development Council (ADC), nos Estados Unidos, que se tornou o ponto de partida para a criação de várias outras instituições, como, por exemplo, o International Rice Research Institute (Irri), em Los Baños, Filipinas, em 1960; o International Maize and Weath Improvement Center, em 1966; em 1968, o International Institute of Tropical Agriculture (IITA), na Nigéria; em 1969, o Centro Internacional de Agricultura Tropical, na Colômbia; em 1972, o Centro Internacional de Patatas, no Peru; também em 1972, o International Crops Research Institute for Semi-Arid Tropics, na Índia.

seu laboratório natural (a terra) e da força de trabalho, e cada vez mais dependente da indústria produtora de insumos (chamada Departamento de Meios de Produção da Indústria para a Agricultura) e da indústria processadora de produtos naturais. É o processo de subordinação da agricultura ao capital monopolista.

Como condicionantes dessas transformações, estavam os rápidos processos de industrialização e urbanização, especialmente a partir da Segunda Guerra Mundial. Nesse período, ocorreu no Brasil a instalação e a consolidação da indústria pesada e um forte processo de urbanização que se acentuou a partir da década de 1950, impulsionado pelo crescimento do emprego não agrícola. O papel da agricultura durante essa fase foi de suprir o setor industrial com os recursos necessários à sua instalação e alavancar o processo de substituição de importação (Tavares, 1972). Mudou-se, assim, o papel da agricultura na economia, já que nas fases anteriores, especialmente na do açúcar e na do café, a dinâmica da agricultura brasileira esteve voltada quase que exclusivamente para o mercado externo.

Entretanto, devido à oscilação do mercado externo e ao vigoroso processo de industrialização vivido pelo país, com uma massa populacional cada vez maior se concentrando nas cidades, a necessidade de produtos agrícolas (matéria-prima para vários setores industriais) e alimentares capazes de suprir a demanda crescente poderia criar problemas na balança comercial brasileira.

Delgado (1985) e Müller (1982) mostram que a modernização da agropecuária, que ensejou a constituição e a ampliação dos diversos ramos do CAI, foi decorrência da conjugação de uma série de fatores. Dentre eles, podemos destacar o rápido processo de urbanização, o aumento das exportações, a constituição do Sistema Nacional de Crédito Rural e um novo padrão de regulação das relações sociais e econômicas do setor rural pelo Estado.

Durante os anos em que o país experimentou altas taxas de crescimento do setor industrial – capazes de absorver a massa populacional que migrava do campo e das regiões mais atrasadas para as cidades –, esse processo começava a dar seus primeiros sinais de reversão, na segunda metade da década de 1970, agravando-se no início dos anos 1980, e a taxa de crescimento do emprego agrícola já se mostrava negativa desde meados dos anos 1960, acentuando-se ao longo do processo de modernização. A contradição é que a agricultura, que não enfrentou crise tão aguda quanto a indústria, não teve condições de absorver o excedente de mão de obra desse processo (Delgado, 1985).

Outro aspecto importante para compreender essa fase de modernização da agricultura brasileira é o papel que a atividade agrícola sempre desempenhou em relação ao comércio exterior. Os dados mostram que, durante esta fase, em especial a partir de 1974, as importações de insumos e máquinas agrícolas ganharam em importância relativa e absoluta em relação às exportações. Outro aspecto importante é a ampliação da pauta de exportação de produtos agrícolas, cujo destaque

até então era o café. Com a modernização da agricultura brasileira, ampliou-se a pauta de exportação, com destaque para soja, cítricos, açúcar e carne (bovina, suína e de aves). Esse processo se iniciou nos estados do Sul do Brasil, mas alcançou a região dos cerrados como grande fronteira de expansão.

Reflexo desse processo de modernização conservadora é o aumento da produção e do consumo de insumos agrícolas. Instala-se no país a indústria de tratores e colheitadeiras, além da de máquinas e equipamentos. A indústria de fertilizantes também se amplia, tanto o setor ligado à petroquímica, com a produção de nitrogenados, como o a indústria de fosfatados e potássicos.

No caso de tratores, colheitadeiras e outras máquinas, até 1960 sua produção inexistia no país. Com a política realizada durante o governo Juscelino Kubitschek para a instalação do setor automobilístico no país, essa indústria cresce. Hoje, além de o país ter capacidade de produzir para suprir as necessidades do setor agrícola nacional, consegue ainda exportar.[19]

Os anos 1990 marcam uma nova etapa no processo agroindustrial brasileiro. A agricultura, que até então se subordinava ao setor industrial a montante e a jusante, finaliza seu processo de integração, passando a se subordinar ao setor comercial atacadista dos grandes conglomerados de distribuição de alimentos, completando o último elo da cadeia (Farina e Zylbersztajn, 1992).

3.4 Mudanças na base tecnológica e reconfiguração institucional a partir dos anos 1990

Vários autores têm discutido as mudanças tecnológicas no âmbito da pesquisa agrícola. A maior mudança observada foi a passagem de uma pesquisa baseada na adaptação tecnológica, utilização de insumos modernos e máquinas e equipamentos para um paradigma tecnológico completamente diferente, baseado cada vez mais na bioquímica, na biogenética e em uma série de elementos que estão relacionados com a propriedade intelectual, aquilo que é conhecido na literatura como ciência de segunda geração.

Salles-Filho *et al.* (2000) faz uma análise das mudanças institucionais e da evolução da pesquisa no âmbito da Embrapa. Para ele, a atuação da Embrapa pode ser dividida em fases:

A primeira fase vai da criação até 1984, caracterizando-se por uma atuação que se baseou no "repasse de tecnologias modernas". Na segunda fase, iniciada em 1985, a instituição passou a se dedicar à geração de novas tecnologias. A ênfase foi a diminuição da dependência externa de tecnologia, a preservação do meio ambiente e um esforço em direção à pesquisa básica. Esta segunda fase pode ser subdividida

19. De acordo com dados da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores, a produção passou de 10 mil unidades de tratores, escavadeiras, colheitadeiras e cultivadores, em 1965, para mais de 100 mil unidades, em 2013.

em subfases, que deram origem à formulação de um planejamento estratégico. Entre 1988-1992, o foco foi a reformulação do P&D; o período 1994-1998 marcou a consolidação da P&D a partir do acompanhamento e da avaliação das atividades fim. O desenvolvimento de negócios tecnológicos que devem constituir o mecanismo para a transferência de tecnologias e o incremento da geração de receitas próprias foram o principal foco no período 1999-2003. No IV Planejamento Estratégico, destacam-se três áreas: as atividades de P&D voltadas para as cadeias de agronegócio; as pesquisas agropecuárias inovadoras em temas estratégicos que contribuam para aumentar e aprofundar o conhecimento existente; e as atividades de P&D direcionadas aos pequenos e médios agricultores, buscando incorporá-los aos setores mais dinâmicos. Está em discussão um novo plano diretor, que considere questões a longo prazo (Salles-Filho, 2000; Campanhola *et al.*, 2004; Funk *et al.*, 2008; Funk, 2009).

Aqui é importante destacar que a atuação da Embrapa na definição de marcos legais tem sido estratégica para o seu sucesso e o avanço das instituições que compõem o SNPA. A Lei de Proteção de Cultivares (LPC), promulgada em 1997, permitiu a apropriação de inovações e a garantia da propriedade intelectual sobre os cultivares, permitindo a cobrança de *royalties* e taxas tecnológicas.[20] Esse contexto fez com que a Embrapa criasse uma série de parâmetros normativos internos que proibiram a concessão de participação dos parceiros privados na titularidade dos materiais desenvolvidos conjuntamente. Esse novo ambiente institucional fez com que os parceiros tivessem que rever sua posição, principalmente entre aqueles participantes do processo de pesquisa e comercialização de sementes. Carvalho, Salles-Filho e Paulino (2006) apontam como a propriedade intelectual tem provocado modificações importantes no âmbito do mercado de produtos agrícolas e no da pesquisa agrícola. O conhecimento, como ativo intangível, tem se tornado um dos elementos centrais da fronteira tecnológica do setor agropecuário.

De acordo com Funk *et al.* (2008), isso fez com que a Embrapa passasse a valorizar mais seus ativos, principalmente seu banco de germoplasma, o que só foi possível com a legislação nacional de propriedade intelectual e as normas internas. A instituição procura preservar legalmente os resultados de suas pesquisas e maximiza o uso de direitos de propriedade intelectual mediante a licença de processos e produtos para parceiros públicos e privados, procurando atingir sua missão social. Há um controle bastante rigoroso da parceria com o setor privado. Um exemplo foi o rompimento da parceria existente entre a Embrapa e a Fundação Mato Grosso. Esta não aceitou se enquadrar na nova regulamentação imposta pela Embrapa

20. O Brasil aderiu à União Internacional para a Proteção das Obtenções Vegetais (Upov) em 1999. A Upov é uma organização internacional que funciona junto à Organização Mundial da Propriedade Intelectual (Ompi), com sede em Genebra, Suíça. A legislação brasileira seguiu, em linhas gerais, a proposta da Upov. Ver Funk *et al*. (2008) para mais detalhes.

no que diz respeito à titularidade e à divisão dos *royalties*; como consequência, a parceria foi interrompida.

As parcerias com o setor privado em geral têm sido realizadas nas fases finais de pesquisa e na colocação das tecnologias no mercado. O parceiro privado, ao aportar recursos, recebe em contrapartida o licenciamento exclusivo para explorar esses materiais. Exclusividade esta que é garantida pela legislação de propriedade intelectual.

Funk (2009) analisa a atuação e a presença da Embrapa nos mercados de sementes de soja e milho e demonstra a importância da atuação da empresa para garantir um melhor ambiente de concorrência nestes mercados.[21] Funk *et al.* (2008) apontam que a empresa possuía, até 2006, um portfólio com 129 patentes concedidas, 168 marcas registradas e trinta *softwares* registrados. Importante salientar que quando se tratam de hortaliças, legumes e frutas, bem como de alguns tipos de grãos – como feijão –, a importância e a presença da Embrapa são incontestáveis.

Um outro aspecto importante diz respeito à atuação da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), que passou a atuar a partir da Lei de Biossegurança. O surgimento de organismos geneticamente modificados (OGMs) provocou um amplo debate sobre questões éticas, impactos ambientais e na produção, além de ser um dos aspectos que tem afetado diretamente e fortemente a pesquisa agrícola nos últimos anos. O Brasil, ao permitir a entrada de OGMs, criou a necessidade de ampliação da pesquisa nesta área.[22]

Funk *et al.* (2008) chamam atenção para a trajetória recente do Brasil no âmbito da pesquisa agrícola, principalmente a partir da adoção de uma legislação sobre propriedade intelectual, que tem delineado fortemente a nova trajetória tecnológica do setor agropecuário. A inovação se tornou elemento central para o setor, e neste sentido a propriedade intelectual tem ganhado uma importância estratégica na formação do arcabouço institucional do novo regime tecnológico em desenvolvimento. O surgimento de novos cultivares, mais resistentes a pragas ou a regimes de estresse hídrico, tem ganhado cada vez mais importância. Em um mercado de forte concentração (o de sementes e mudas), é importante discutir a incerteza que sempre ronda o financiamento das pesquisas no país, bem como a necessidade de se ampliar o debate acerca da organização das instituições envolvidas neste processo.

Nesse aspecto, os dados apresentados a seguir ilustram a situação da infraestrutura de pesquisa no Brasil e podem ajudar a ampliar este debate.

21. Ainda que haja uma grande presença de empresas estrangeiras, como Monsanto e Cargill.
22. Ver Funk (2009) para uma discussão mais detalhada.

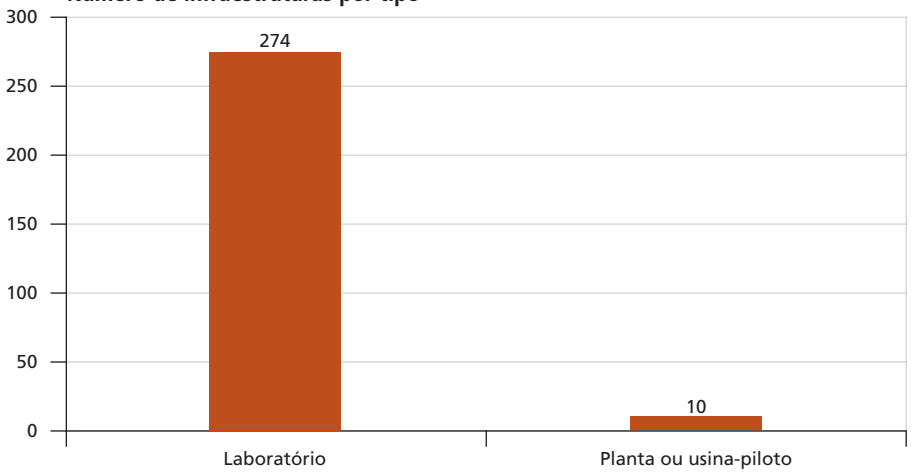
4 CARACTERÍSTICAS DA INFRAESTRUTURA DE CT&I NACIONAL VOLTADA PARA AS CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Esta seção trata da infraestrutura de ciência e tecnologia (C&T) nacionais voltadas para a área de ciências agrárias. Tem como objetivo caracterizar essa infraestrutura e fornecer informações que possam ser úteis para delinear e coordenar políticas públicas para a área. Está subdividida em mais cinco subseções. A primeira apresenta, de forma breve, a metodologia e a origem dos dados aqui discutidos e as seções seguintes apresentam características gerais e dados específicos da infraestrutura.

4.1 Características gerais da infraestrutura de pesquisa

Esta seção trata da infraestrutura de C&T nacional voltada para a área de ciências agrárias. Quarenta e três instituições responderam aos questionários, nos quais foram apuradas 284 infraestruturas, sendo que 97% são laboratórios e os 3% restantes são plantas ou usinas-piloto voltadas pra a área de pesquisa (gráfico 1). O Sul e o Sudeste se destacam em termos de número de instituições e total da infraestrutura, com respectivamente 68% e 75% do total. Em relação à área física das infraestruturas, quase 50% estão em laboratórios e infraestruturas localizados na região Sudeste, apesar de o número de infraestruturas serem menores (tabela 1). A tabela 4 do anexo apresenta um detalhamento regional mais refinado.

GRÁFICO 1
Número de infraestruturas por tipo



Fonte: MCTI/CNPQ/Ipea.

TABELA 1
Número de instituições, infraestruturas e áreas físicas segundo as grandes regiões

Região	Número de infraestruturas	Número de instituições	Área física
Centro-Oeste	30	5	4.073,36
Nordeste	29	6	2.826,93
Norte	13	3	2.569,68
Sudeste	93	15	26.587,80
Sul	119	14	19.153,33

Fonte: MCTI/CNPQ/Ipea.

Em relação às grandes áreas do conhecimento, há uma concentração na área de ciências agrárias, que concentra 73% e 67%, respectivamente, do número de infraestruturas e do número de pesquisadores. Em seguida, a principal área é a de ciências biológicas, com, respectivamente, 17% e 22%. A área de ciências exatas e da terra e a de engenharias, juntas, possuem 8,5% e 9,2% da infraestrutura e do número de pesquisadores. A área de ciências da saúde possui um número de infraestruturas e pesquisadores muito pequeno comparativamente com as demais.

As tabelas 2 e 3 do anexo apresentam algumas características da infraestrutura (número, idade média, número de laboratórios acreditados, número de laboratórios multidisciplinares, multiusuários, valor estimado dos equipamentos etc.) segundo grandes áreas do conhecimento, permitindo uma comparação entre elas. A área de ciências agrárias é a que possui o maior número de laboratórios, sendo aquela que mais se destaca em todos os quesitos. Possui o maior valor estimado de equipamentos e *softwares*, além de contar com o maior número de pesquisadores, mais que o dobro da área de ciências biológicas.

TABELA 2
Número de infraestruturas e de pesquisadores por grande área

Grande área	Número de infraestruturas	(%)	Número de pesquisadores	(%)
Ciências exatas e da terra	18	5,1	73	4,89
Ciências biológicas	60	17	328	21,95
Engenharias	12	3,4	64	4,28
Ciências da saúde	5	1,42	24	1,61
Ciências agrárias	257	72,8	1.000	66,93
Outra	1	0,28	5	0,33

Fonte: MCTI/CNPQ/Ipea.

A tabela 1 do anexo apresenta uma informação mais detalhada sobre a distribuição da infraestrutura e do número de pesquisadores segundo as áreas do conhecimento. Observa-se que quatro áreas se destacam, são elas, no caso do número de infraestruturas: a fitotecnia, a de fitossanidade, área de ciência de alimentos e a área de ciências do solo. Em relação ao número de pesquisadores, estas mesmas

áreas se destacam, entretanto, a área que concentra o maior percentual de pesquisadores é a de ciência de alimentos, com 179 pesquisadores, o que corresponde a 4,36% do total de pesquisadores. Em seguida, aparece a de fitossanidade, com 177 pesquisadores (4,31%), e a de fitotecnia, com 149 pesquisadores (3,63% do total). Observa-se que, apesar de o número de áreas cobertas ser grande, o número de infraestruturas é pequeno, igual a 1, mas bastante expressivo. Se acrescentarmos a esta informação o fato de que algumas destas infraestruturas contam com menos de dez pesquisadores, ou, em muitos casos, menos de cinco, isso mostra a dificuldade para o desenvolvimento e o aperfeiçoamento de pesquisas em algumas áreas particulares.

Em relação à data de início da operação das infraestruturas, observa-se que 74% da infraestrutura entrou em funcionamento após 1990, o que mostra o esforço que foi realizado ao longo dos últimos 22 anos. Se analisarmos apenas o período mais recente, observaremos que 54% da infraestrutura entrou em funcionamento após o ano de 2000. A idade média da infraestrutura oscila entre doze e quinze anos (tabela 3).

TABELA 3
Infraestrutura segundo a data de início da operação

Início da operação	Número	(%)
Antes de 1970	9	3
De 1970 a 1979	23	8
De 1980 a 1989	43	15
De 1990 a 1999	57	20
De 2000 a 2009	98	35
De 2010 a 2012	54	19

Fonte: MCTI/CNPQ/Ipea.

Em relação à origem do financiamento da infraestrutura de pesquisa, em termos individuais, a principal fonte são as Fundações Estaduais de Amparo à Pesquisa, seguidas pela própria instituição. No entanto, a maior parte dos recursos provém de distintos órgãos federais, como a Financiadora de Estudos e Pesquisas (Finep) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), que participam em conjunto com cerca de 30%. Se considerarmos que ambos estão ligados ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), isso significará afirmar que um terço do financiamento é decorrente de apenas uma origem. Se retirarmos o financiamento obtido através da prestação de serviços, através de empresas privadas, da própria instituição e da Petrobras e considerarmos que as demais entidades são de natureza pública, 73% do financiamento para a infraestrutura da área decorre do setor público – federal e estadual principalmente – (tabela 4).

TABELA 4
Origem do financiamento, número de infraestruturas financiadas, valor financiado e participação por entidade financiadora

Entidade financiadora	Número de infraestruturas	Renda (R$)	Contribuição (%)
Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes)	79	6.099.889,00	5,75
CNPq	127	15.513.223,00	14,63
Empresa privada	48	4.747.864,00	4,48
Finep	31	15.897.489,00	14,99
Fundo Estadual de Amparo	115	20.565.502,00	19,4
Outra	15	1.602.436,00	1,51
Outra empresa pública	6	293.915,00	0,28
Outra instituição pública	8	2.665.013,00	2,51
Petrobras	13	8.068.400,00	7,61
Prestação de serviços	46	14.228.337,00	13,42
Própria instituição	101	16.338.108,00	15,41

Fonte: MCTI/CNPQ/Ipea.

No que diz respeito à modernização, 81%, ou seja, 203 infraestruturas, passaram por algum processo de modernização nos últimos cinco anos, sendo que destas 44% passaram por alguma modernização ao longo do último ano.

TABELA 5
Modernização da infraestrutura segundo o período

Período de modernização	Número	(%)
Até 1 ano	90	31,7
Entre 1 e 5 anos	113	39,8
Entre 5 e 10 anos	31	10,9
Entre 10 e 15 anos	17	6,0
Não houve	32	11,3
Não informado	1	0,4

Fonte: MCTI/CNPQ/Ipea.

4.2 Recursos humanos

Esta seção apresenta o quadro de recursos humanos, a equipe administrativa e a qualificação dos pesquisadores.

O número de profissionais de apoio técnico e administrativo é relativamente elevado, com uma média de 2,76 técnicos por laboratório. O que dá uma proporção de 1,4 pesquisador para cada técnico. Em relação ao total de profissionais (pesquisadores e apoio técnico e administrativo), os pesquisadores são 60% (tabela 6).

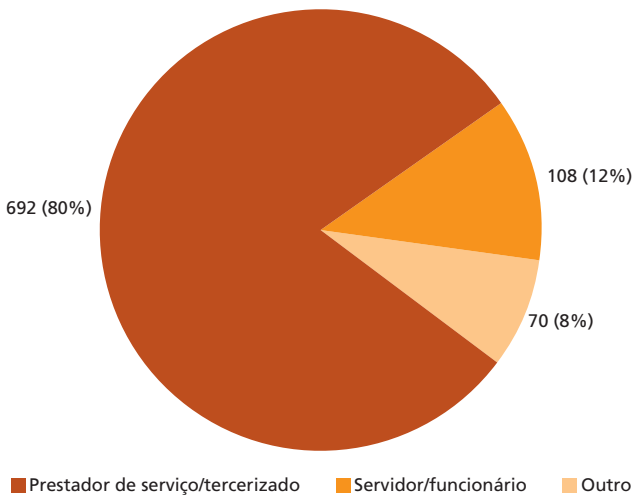
TABELA 6
Número de profissionais e média nas infraestruturas segundo a natureza (técnicos, administrativos e pesquisadores)

Natureza	Apoio técnico e administrativo	Pesquisadores	Recursos humanos	Pesquisadores (%)
Soma	783	1.008	1.951	0,6
Média	2,76	4	7	0,6

Fonte: MCTI/CNPQ/Ipea.

A equipe técnica e administrativa das infraestruturas é composta tanto por servidores ou funcionários celetistas como também por prestadores de serviço ou terceirizados, que representam 80% do quadro. Há ainda a ocorrência de outros tipos de vínculo – prestadores de serviço e de outra natureza –, mas em proporção bem menor (gráfico 2).

GRÁFICO 2
Número e porcentagem de técnicos nas infraestruturas segundo o tipo de vínculo



Fonte: MCTI/CNPQ/Ipea.

Em relação aos pesquisadores das infraestruturas pesquisadas, 80% possuem o doutorado como titulação máxima, o que pode ser considerado um número bastante expressivo para a média nacional. No que diz respeito ao vínculo, 63% dos pesquisadores são servidores públicos, seguidos por pesquisadores bolsistas e celetistas. O número de pesquisadores visitantes é muito baixo. Um aumento do número de pesquisadores visitantes poderia ser uma boa forma para aprimorar a pesquisa e aumentar a interação entre as instituições (tabelas 7 e 8).

TABELA 7
Pesquisadores segundo o nível de formação

Titulação máxima	Total
Curso de curta duração	3
Doutorado	804
Ensino médio (2º grau)	12
Ensino profissional de nível técnico	3
Especialização	13
Graduação	42
Mestrado	126
Mestrado profissionalizante	1
Outros	1
Total	**1005**

Fonte: MCTI/CNPQ/Ipea.

TABELA 8
Pesquisadores segundo o tipo de vínculo

Vínculo	Total
Servidor público	736
Bolsista	185
Celetista	140
Pesquisador visitante	27
Outro	80
Total	**1.168**

Fonte: MCTI/CNPQ/Ipea.

No que diz respeito à dedicação, chama atenção o elevado número de pesquisadores que se dedicam dez horas ou menos aos laboratórios – 40% do total. No outro extremo, 45% dos pesquisadores dedicam mais de trinta horas semanais. O pesquisador com carga horária semanal intermediária praticamente inexiste (tabela 9).

TABELA 9
Pesquisadores segundo o grau de dedicação à pesquisa

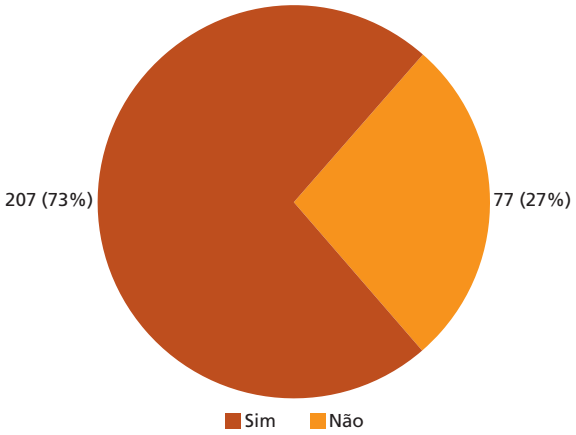
Dedicação	Total
Até 10 horas semanais	465
Mais de 10 horas a 20 horas semanais	102
Mais de 20 horas a 30 horas semanais	69
Mais de 30 horas semanais	532
Total	**1.168**

Fonte: MCTI/CNPQ/Ipea.

4.3 Operação da infraestrutura

Dos 284 laboratórios que responderam ao questionário, 77% (207) responderam que prestam algum tipo de serviço e 27% (77) afirmaram não prestar qualquer tipo de serviço (gráfico 3).

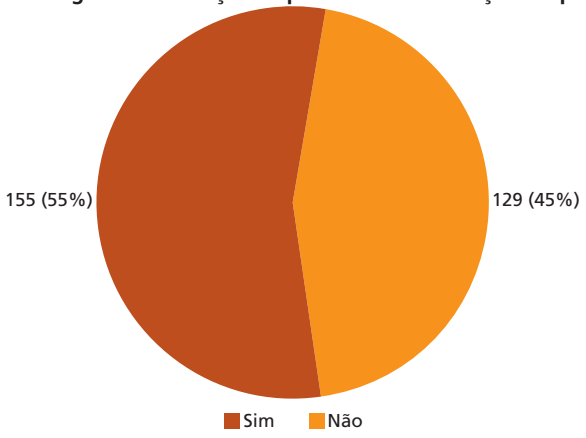
GRÁFICO 3
Infraestrutura segundo a condição de prestadora de serviço



Fonte: MCTI/CNPQ/Ipea.

Do total de equipamentos pesquisados, 55% informou que não presta serviços a empresas, enquanto 45% informou prestar algum tipo de serviço a empresas (gráfico 4).

GRÁFICO 4
Infraestrutura segundo a condição de prestadora de serviço a empresas



Fonte: MCTI/CNPQ/Ipea.

Um aspecto que chama atenção é o fato de que a maioria dos laboratórios não possui acreditação, ou seja, não possui reconhecimento institucional para suas infraestruturas. Em alguma medida, isso pode dificultar que alguns serviços eventualmente realizados por estes laboratórios sejam reconhecidos nacional e internacionalmente. Há um total de 32 infraestruturas que possuem acreditação na área de ciências agrárias; destas, apenas uma possui acreditação para calibração (tabelas 10 e 11).

TABELA 10
Acreditação da infraestrutura segundo tipo de ensaio

Tipo de acreditação para diferentes infraestruturas	Não	Sim
Calibração	283	1
Ensaio	256	28
Demais modalidades	271	13
Total de infraestruturas acreditadas	252	32

Fonte: MCTI/CNPQ/Ipea.

TABELA 11
Número de laboratórios acreditados segundo o tipo e o nome da modalidade

Tipo de modalidade	Nome da modalidade	Número
Calibração	Acústica e vibrações	2
Calibração	Alta frequência e telecomunicações	3
Calibração	Dimensional	8
Calibração	Eletricidade	6
Calibração	Força torque e dureza	7
Calibração	Físico-química	5
Calibração	Massa	5
Calibração	Óptica	2
Calibração	Pressão	7
Calibração	Temperatura e umidade	8
Calibração	Tempo e frequência	5
Calibração	Vazão	3
Calibração	Viscosidade	3
Calibração	Volume e massa específica	6
Demais modalidades	Análises clínicas	7
Demais modalidades	Boas práticas laboratoriais (BPL)	29
Demais modalidades	Certificação	30
Demais modalidades	Outra	21
Demais modalidades	Produtor de materiais de referência	10

(Continua)

(Continuação)

Tipo de modalidade	Nome da modalidade	Número
Demais modalidades	Provedor de ensaios de proficiência	6
Ensaio	Ensaios acústicos de vibrações e choque	4
Ensaio	Ensaios biológicos	49
Ensaio	Ensaios de radiações ionizantes	8
Ensaio	Ensaios elétricos e magnéticos	16
Ensaio	Ensaios não destrutivos	13
Ensaio	Ensaios químicos	53
Ensaio	Ensaios térmicos	8
Ensaio	Ensaios ópticos	8
Ensaio	Mecânicos	24

Fonte: MCTI/CNPQ/Ipea.

Em relação à utilização dos laboratórios, a tabela 12 fornece informações relativas ao público que utiliza os laboratórios segundo o tipo de vínculo. Observa-se que há um predomínio da utilização destes equipamentos por parte de alunos de graduação, de pós-graduação e de pesquisadores da mesma instituição. A utilização da infraestrutura por usuários estrangeiros é ainda muito baixa. Observa-se que a utilização da infraestrutura por parte de pesquisadores de empresas é a menor entre todas. Isso poderia indicar uma baixa interação universidade-empresa, o que, todavia, não é possível afirmar apenas com esta informação, mas carece de estudos mais detalhados.

TABELA 12
Utilização da infraestrutura segundo a origem do usuário e o vínculo do pesquisador

Vínculo do pesquisador usuário	Usuários do Brasil	Usuários do exterior	Número de laboratórios
Alunos de graduação	1.954	36	144
Alunos de pós-graduação	1.692	49	171
Pesquisadores da mesma instituição (exceto a equipe de infraestrutura)	1.253	33	159
Pesquisadores de empresas	303	12	56
Pesquisadores de outras instituições	659	69	128

Fonte: MCTI/CNPQ/Ipea.

Em relação à cooperação, ainda está fortemente concentrada em instituições nacionais (agências de fomento, empresas e instituições). Nestas instituições, e principalmente nas agências de fomento brasileiras, o grau de cooperação é mais elevado. Isso se deve especialmente à principal origem do *funding* dos laboratórios. A cooperação com empresas ainda é reduzida se comparada com aquela observada em relação às agências de fomento e outras instituições de pesquisa, mas indica,

em alguma medida, um aumento das relações universidade-empresa; centros de pesquisa-empresas (tabela 13).

TABELA 13
Cooperação com agências de fomento, empresas e outras instituições segundo o grau de cooperação (alto, médio e baixo)

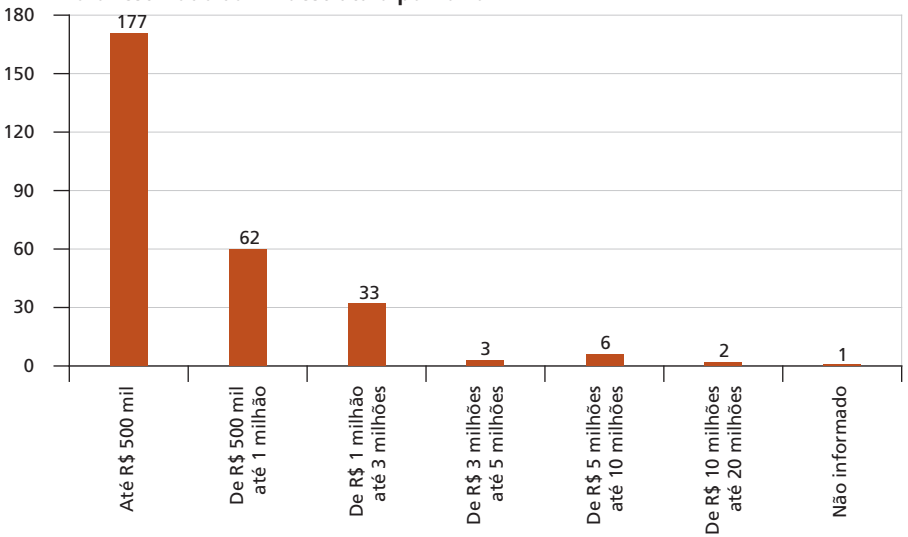
Atividade de cooperação	Alto	Médio	Baixo	**Total**
Cooperação com agências de fomento brasileiras	140	59	17	**216**
Cooperação com agências de fomento internacionais	19	18	61	**98**
Cooperação com empresas brasileiras	59	59	42	**160**
Cooperação com empresas estrangeiras	6	13	43	**62**
Cooperação com instituições brasileiras	124	82	29	**235**
Cooperação com instituições estrangeiras	44	52	48	**144**

Fonte: MCTI/CNPQ/Ipea.

4.4 Valores estimados, custos operacionais e receitas

Em relação ao valor estimado da infraestrutura, observa-se que a maior parte é de valores até R$ 500 mil, sendo que respondem por 62% da infraestrutura pesquisada. Considerando todas com valores de até R$ 1 milhão, o percentual passa para 84%, o que corresponde a um total de 239 equipamentos. As infraestruturas com valores acima de R$ 1 milhão representam 15% da infraestrutura da área de ciências agrárias (gráfico 5).

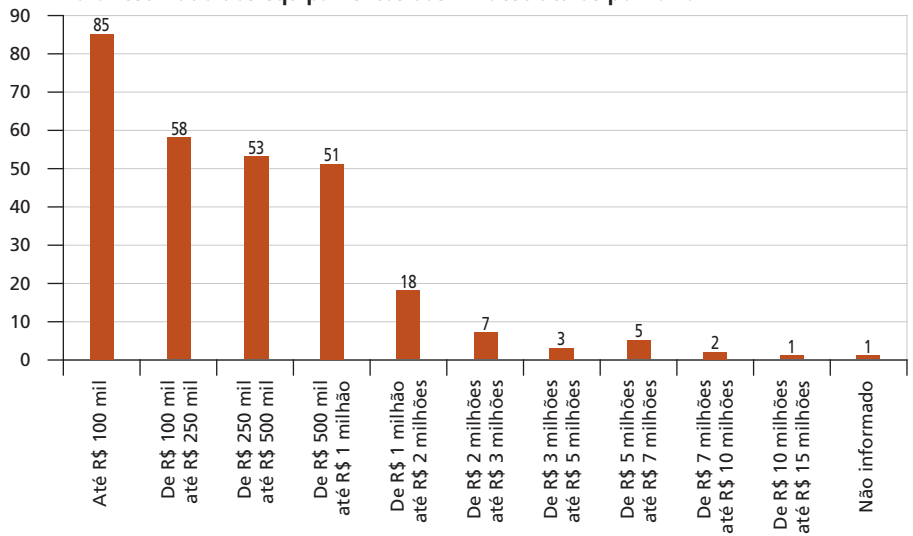
GRÁFICO 5
Valor estimado da infraestrutura por faixa



Fonte: MCTI/CNPQ/Ipea.

O valor médio dos equipamentos de pesquisa também é baixo – até R$ 391 mil. Também neste quesito, 30% da infraestrutura possui equipamentos que chegam ao valor de até R$ 100 mil. Um total de 162 infraestruturas possuem um valor de equipamentos estimado entre R$ 100 mil e R$ 1 milhão, o que corresponde a 57% da infraestrutura. E um total de 54 laboratórios e outras estruturas possuem equipamentos em valor estimado acima de R$ 1 milhão, sendo que destes apenas um possui valor de equipamento estimado entre R$ 10 milhões e R$ 15 milhões (gráfico 6).

GRÁFICO 6
Valor estimado dos equipamentos das infraestruturas por faixa

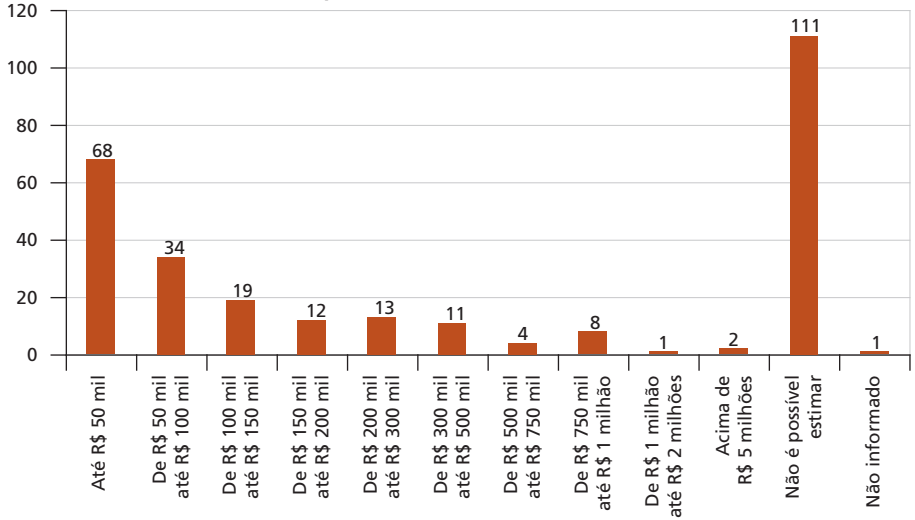


Fonte: MCTI/CNPQ/Ipea.

Em relação à receita, 40% dos laboratórios não souberam informar. Um total de 24% informou possuir receitas de até R$ 50 mil por ano, o que pode ser considerado baixo. Considerando as infraestruturas que possuem receita entre mais de R$ 50 mil até R$ 200 mil, como laboratórios com média capacidade de captação de recursos, há 65 destas, o que representa 23% da infraestrutura. A infraestrutura com capacidade de captação de recursos mais elevada, acima de R$ 300 mil, representa 26% do total da infraestrutura (gráfico 7).

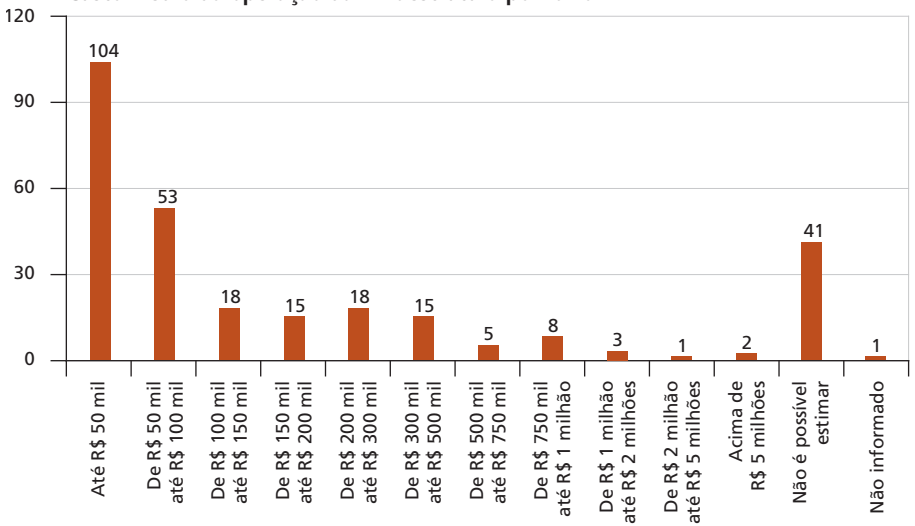
Em relação ao custo da infraestrutura, 55% possuía um custo inferior a R$ 100 mil. Das 284 infraestruturas pesquisadas, 41 não souberam informar o custo médio. Um total de 24% informou possuir custos entre R$ 100 mil e R$ 500 mil. Apenas dezenove unidades de pesquisa informaram possuir custos superiores a R$ 500 mil (gráfico 8).

GRÁFICO 7
Receita da infraestrutura por faixa



Fonte: MCTI/CNPQ/Ipea.

GRÁFICO 8
Custo médio da operação da infraestrutura por faixa



Fonte: MCTI/CNPQ/Ipea.

4.5 Avaliação das condições gerais

Os coordenadores fizeram uma avaliação das suas infraestruturas sob diversos aspectos. Em relação à formação dos pesquisadores, ao número de profissionais de apoio técnico, à qualificação do corpo técnico e ao número de pesquisadores, o número que mais se destacou positivamente foi aquele relativo ao número de profissionais de apoio técnico – 67% dos coordenadores afirmaram que o número de profissionais de apoio é adequado, ao passo que 26% afirmou que é pouco adequado ou inadequado. Em termos negativos, o que mais se destaca é o percentual que considerou o número de pesquisadores pouco adequado ou inadequado – 79%, contra apenas 21% que julgou o número de pesquisadores adequado. Em relação à formação dos pesquisadores, a maior parcela julga que a formação ainda é pouco adequada ou inadequada – 55%. Em relação à qualificação dos profissionais, a maioria avalia como adequada – 73% (tabela 14).

TABELA 14
Avaliação da formação dos pesquisadores, dos profissionais de apoio técnico, da qualificação profissional e do número de pesquisadores
(Em %)

Nome	Adequado	Pouco adequado	Inadequado	Não se aplica
Número de pesquisadores	20,98	32,59	46,43	0
Formação dos pesquisadores	44,64	33,48	21,88	0
Número de profissionais de apoio técnico	67,41	20,54	5,36	6,7
Qualificação profissional	72,77	7,14	1,34	18,75

Fonte: MCTI/CNPQ/Ipea.

No que diz respeito à condição de operação, foram avaliados quatro itens: insumos, equipamentos, manutenção e instalações físicas. Em relação aos insumos, 84% das infraestruturas da área consideraram bons ou muito bons, o que pode ser considerado um número bastante expressivo. Em relação aos equipamentos, a avaliação é bem inferior, sendo que 54% considera os equipamentos bons e muito bons. Importante destacar que neste quesito 45,4% considera os equipamentos regulares/ruins. Em relação à manutenção, 74% dos coordenadores consideraram boa ou muito boa e 22% consideraram regular. A pior avaliação diz respeito às instalações físicas, em que 67% as considerou regulares ou ruins, ao passo que o percentual de bom e muito bom ficou em 31% (tabela 15).

TABELA 15
Avaliação das condições da infraestrutura segundo os insumos, equipamentos, manutenção e instalações físicas

Avaliação das condições	Insumos	(%)	Equipamentos	(%)	Manutenção	%	Instalações físicas	(%)
Muito bom	114	40,1	25	8,8	60	21,1	9	3,2
Bom	126	44,4	128	45,1	151	53,2	81	28,5
Regular	28	9,9	109	38,4	63	22,2	126	44,4
Ruim	3	1,1	20	7,0	7	2,5	66	23,2
Não se aplica	12	4,2	1	0,4	2	0,7	1	0,4
Não informado	1	0,4	1	0,4	1	0,4	1	0,4

Fonte: MCTI/CNPQ/Ipea.

A tabela 16 apresenta uma avaliação qualitativa e comparativa das infraestruturas pesquisadas *vis-à-vis* outros do Brasil e do exterior. A maior parte dos coordenadores considera a infraestrutura adequada e compatível com a observada em outras infraestruturas do gênero no Brasil. Apenas alguns poucos consideram a infraestrutura avançada e compatível com aquela observada no resto do mundo, o que sinaliza que, apesar dos esforços, ainda estamos distantes das melhores infraestruturas da área no mundo.

TABELA 16
Avaliação da capacidade técnica relativa

Avaliação da capacidade técnica	Número de infraestruturas	(%)
Adequada e compatível com a observada em outras infraestruturas do gênero no Brasil	135	47,5
Avançada e compatível com a observada nas melhores infraestruturas do gênero no exterior	29	10,2
Avançada em relação aos padrões brasileiros, mas ainda distante da observada nas melhores infraestruturas do gênero no exterior	38	13,4
Insuficiente em relação à observada em outras infraestruturas do gênero no Brasil	75	26,4
Não sabe	6	2,1
Não informado	1	0,4

Fonte: MCTI/CNPQ/Ipea.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema de pesquisa e inovação na área de ciências agrárias no Brasil evoluiu de forma muito significativa ao longo dos últimos duzentos anos desde a sua criação, com o Jardim Botânico do Rio de Janeiro, e de maneira mais acelerada após a proclamação da República, em 1889. O século XX foi particularmente importante na estruturação e configuração institucional do sistema, em particular do Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária, a partir da década de 1970. Além de uma série

de institutos de pesquisa, o sistema nacional conta com estruturas voltadas para o apoio técnico, um número significativo de cursos de agronomia, veterinária, engenharia florestal, engenharia de alimentos e outros correlatos. Há uma importante rede de pesquisa e pós-graduação estruturada. No âmbito da pesquisa, a criação da Embrapa, na década de 1970, em especial, foi elemento essencial para a incorporação e a transferência de tecnologia, em um primeiro momento, e, posteriormente, por um esforço de pesquisa tecnológica que coloca a instituição como uma das mais relevantes no cenário internacional. A empresa possui papel de destaque na organização da pesquisa agropecuária brasileira, além de fornecer subsídios para o desenho da política agrícola e científica do setor e também no que tange ao marco regulatório, em especial à questão relativa aos direitos de propriedade e transferência de tecnologia.

Ao longo dos últimos vinte anos, com as mudanças e a crescente incorporação da pesquisa de segunda geração ligada à bioquímica e à biogenética, a questão da propriedade intelectual se tornou um elemento central para o novo paradigma na área de agricultura. A instituição fez e continua fazendo um esforço para se manter na fronteira tecnológica internacional da área.

Em relação à estrutura de pesquisa, possui um grau de maturação bastante elevado e encontra-se em grande medida instalada. Possui características físicas aparentemente adequadas, e o nível e a formação dos recursos humanos também se mostram bastante satisfatórios. Parece-nos, no entanto, que ainda carece de melhorias, em termos qualitativos, em relação às parcerias institucionais e em termos comparativos com outras infraestruturas da área no mundo. Uma maior interface e participação do setor privado poderia fortalecer a infraestrutura de pesquisa.

Quando contrastados com os dados gerais da pesquisa, observa-se que alguns padrões se reproduzem; no caso das ciências agrárias, há uma concentração expressiva nas regiões Sul e Sudeste. Em relação ao início da operação, também se constata, de maneira similar aos resultados gerais, que 54% dos laboratórios e usinas-piloto tiveram suas operações iniciadas a partir dos anos 2000, o que mostra como esta área de pesquisa se beneficiou do ciclo de investimentos realizados ao longo dos últimos anos. Também em linha com os achados da amostra geral, observa-se que, em média, os laboratórios são relativamente pequenos, com um número médio de pesquisadores por laboratório/usina-piloto menor que a média geral. Importante destacar que o valor estimado da infraestrutura da área de ciências agrárias é bem menor que o observado para toda a amostra da pesquisa.

No caso da avaliação, a área de ciências agrárias seguiu o padrão geral observado para a pesquisa como um todo, com apenas 10,2% dos responsáveis indicando que a infraestrutura possui padrão semelhante àquele observado no resto do mundo.

REFERÊNCIAS

ALVES, E.; CONTINI, E. A modernização da agricultura brasileira. *In*: BRANDÃO, A. S. P. (Ed.). **Os principais problemas da agricultura brasileira**: análise e sugestões. Rio de Janeiro: Ipea, 1992.

ALVES, E. Excluídos da modernização da agricultura – responsabilidade da extensão rural? **Revista de Política Agrícola**, ano XXII, n. 3, jul./ago./set. 2013. Disponível em: <http://goo.gl/b6J7ZI>.

BIN, A. *et al*. Organization of Research and Innovation: a comparative study of public agricultural research'. **Journal of Technology, Management & Innovation**, v. 8, Special Issue form Altec. Santiago: Universidad Alberto Hurtado, 2013.

CAMPANHOLA, C.; SILVA, J. G. (Ed.) **O novo rural brasileiro**: novas atividades rurais. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.

CARVALHO, J. C. M. **O desenvolvimento da agropecuária brasileira**: da agricultura escravista ao sistema agroindustrial. Brasília: Embrapa, 1992.

CARVALHO, S. M. P.; SALLES-FILHO, S. L. M.; PAULINO, S. R. Propriedade intelectual e inovação na agricultura. **Revista Brasileira de Inovação**, Campinas, v. 5, n. 2, jul./dez. 2006.

_____. Propriedade intelectual e organização da P&D vegetal: evidências preliminares da implantação da Lei de Proteção de Cultivares. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 45, n. 1, p. 9-26, jan./mar. 2007.

DELGADO, G. C. **Capital financeiro e agricultura no Brasil**. São Paulo: Ícone, 1985.

FARINA, E. M. M. Q.; ZYLBERSZTAJN, D. **Relações tecnológicas e organização dos mercados no sistema agroindustrial de alimentos**. São Paulo: Editora da USP, 1992.

FUNK, M. P. **A coevolução tecnológica e institucional na organização da pesquisa agrícola no Brasil e na Argentina**. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

FUCK, M. P. *et al*. *Catching-up* no setor agrícola brasileiro: o papel das novas instituições. **Economia e Tecnologia**, ano 4, v. 15, p. 101-111, out./dez. 2008.

GRANT, A. Australia's approach to rural research, development and extension. *In*: OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Improving Agricultural Knowledge and Innovation Systems**: OECD Conference Proceedings. Paris: OECD Publishing, 2012.

GUIMARÃES, A. P. **A crise agrária**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979. (O Mundo, hoje, v. 29).

HAYAMI, Y.; RUTTAN, V. **Desenvolvimento agrícola**: teoria e experiências. Brasília: Embrapa, 1988. (Documentos, n. 40).

IPEA – INSTITUTO DE PLANEJAMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Aproveitamento atual e potencial dos cerrados**. 2. ed. Brasília: Instituto de Planejamento, 1973. (Série Estudos para o Planejamento).

JANSSEN, W.; BRAUNSCHWEIG, T. **Trends in the organization and financing of agricultural research in develop countries**: implications for developing countries. Netherlands: Isnar, 2003. (Research Report, n. 22).

JOHNSTON, B. Agriculture and estructural transformation in development countries a survey of research. **Journal of Economic Literature**, v. 7, n. 2, p. 369-404, 1970.

MÜLLER, G. Agricultura e industrialização do campo no Brasil. **Revista de Economia Política**, São Paulo, v. 2, n. 6, p. 47-79, 1982.

NELSON, R. R. **National innovation systems**: a comparative analysis. New York: Oxford University Press, 1993.

POSSAS, M. L.; SALLES-FILHO, S.; SILVEIRA, J. M. An evolutionary approach to technological innovation in agriculture: some preliminary remarks. **Research Policy**, v. 25, n. 1, 1996.

SALLES-FILHO, S. **Dinâmica tecnológica da agricultura**: perspectivas da biotecnologia. 1993. Tese (Doutorado), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1993.

SALLES-FILHO, S. *et al*. **Ciência, tecnologia e inovação**: a reorganização da pesquisa pública no Brasil. Campinas: Editora Komedi, 2000.

SANTOS, G. R.; VIEIRA FILHO, J. E. R. **Heterogeneidade produtiva na agricultura brasileira**: elementos estruturais e dinâmicos da trajetória produtiva recente. Brasília: Ipea, 2012. (Texto para Discussão, n. 1740).

SILVA, J. G. **A nova dinâmica da agricultura brasileira**. Campinas: Editora da Unicamp, 1996.

TAVARES, M. C. **Da substituição de importações ao capitalismo financeiro**: ensaios sobre a economia brasileira. Rio de Janeiro: Zahar, 1972.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

ALBUQUERQUE, R.; SALLES, F. S. (Coords.). **Determinantes das reformas institucionais, novos modelos organizacionais e as responsabilidades do SNPA**: caracterização e avaliação das Oepas – relatório final. Campinas: Editora da Unicamp, 1997.

BAIARDI, A. **Sociedade e Estado no apoio à ciência e tecnologia**: uma análise histórica. São Paulo: Hucitec, 1996.

BRANDÃO, C. A. **Triângulo**: capital comercial, geopolítica e agroindústria. 1989. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1989.

BUAINAIN, A. M. Agricultura pós-cruzado (euforia e crise). *In*: CARNEIRO, R. (Org.). **A política econômica do cruzado**. São Paulo: Bienal; Editora da Unicamp, 1987.

BUAINAIN, A. M.; SOUZA FILHO, H. M. Política agrícola no Brasil: evolução e principais instrumentos. *In*: BATALHA, M. O. (Coord.). **Gestão agroindustrial**. Gepai: Grupo de Estudos e Pesquisas Agroindustriais. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2001. v. 2.

CANO, W. **Raízes da concentração industrial em São Paulo**. Rio de Janeiro: Difel, 1977.

CASTRO, A. B. **Sete ensaios sobre a economia brasileira**. Rio de Janeiro: Editora Forense, 1971.

CASTRO, A. C. C.; FONSECA, M. G. D. **A dinâmica agroindustrial do Centro-Oeste**. Brasília: Ipea, 1995.

CORREIA, J. R.; REATTO, A.; SPERA, S. T. Solos e suas relações com o uso e o manejo. *In*: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Eds.). **Cerrado**: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.

DE NEGRI, F.; SQUEFF, F. H. S. **Infraestrutura científica e tecnológica no Brasil**: análises preliminares. Brasília: Ipea, 2014. (Nota Técnica, n. 21).

FONSECA, M. G.; GONÇALVES, S. Financiamento do investimento da agroindústria e agropecuária: análise de dois planos governamentais recentes. **Informações Econômicas**, v. 25, n. 6, p. 31-47, 1995.

FRANÇA, M. **O Cerrado e a evolução recente da agricultura capitalista**: a experiência de Minas Gerais. 1984. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1984.

FUCK, M. P.; BONACELLI, M. B. M. A necessidade de reorganização e de fortalecimento institucional do SNPA no Brasil. **Revista de Política Agrícola**, ano 16, n. 1, 2007.

_____. Sistemas de inovação e a internacionalização da P&D: novas questões, novos problemas? **Economia e Tecnologia**, ano 66, v. 66, jul./set. 2010.

GOLDIN, I.; REZENDE, G. C. **A agricultura brasileira na década de 80**: crescimento numa economia em crise. Rio de Janeiro: Ipea, 1993.

GOODMAN, D. Expansão da fronteira e colonização rural: recente política de desenvolvimento no Centro-Oeste. *In*: BAER, W.; GEIGER, P. P.; HADDAD, P. R. (Eds.). **Dimensões do desenvolvimento brasileiro**. Rio de Janeiro: Campus, 1978.

HOBSBAWM, E. J. A era das revoluções: Europa 1789-1848. 2. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979. (Pensamento Crítico, v. 13).

ICHIKAWA, E. Y.; SANTOS, L. W. **From the "Brazilian miracle" to the "neo-liberal policy"**: reflections about the strategic pattern of the agricultural research in Santa Catarina, Brazil.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA; IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA; NESUR – NÚCLEO DE ECONOMIA SOCIAL, URBANA E REGIONAL. **Pesquisas**: caracterização e tendências da Rede Urbana do Brasil. Campinas: Editora da Unicamp, 1999. v. 1, 2.

KAGEYAMA, A. A. *et al*. O novo padrão agrícola brasileiro: do complexo rural aos complexos agroindustriais. *In*: DELGADO, G.; GASQUES, J. C.; VILLA VERDE, C. (Orgs.). **Agricultura e políticas públicas**. Brasília: Ipea, 1990.

LOPES, M. A. The Brazilian Agricultural Research for Development (ARD). *In*: OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Improving Agricultural Knowledge and Innovation Systems**. Paris: OECD Publishing, 2012.

MUELLER, C. C. Políticas governamentais e expansão da agropecuária no Centro-Oeste. **Planejamento e Políticas Públicas**, Brasília, v. 3, p. 45-74, 1990.

_____. Políticas governamentais e expansão da agropecuária no Centro-Oeste. **Planejamento e Políticas Públicas**, v. 2, n. 3, p. 45-74, 1990.

NÓBREGA, M. F. **Desafios da política agrícola**. São Paulo: Gazeta Mercantil Editora Jornalística; Brasília: CNPq, 1985.

OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Improving Agricultural Knowledge and Innovation Systems**. Paris: OECD, 2012.

OLIVEIRA, T. C. M. **Agroindústria e reprodução do capital**: o caso da soja no Mato Grosso do Sul. 1993. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de São Paulo, São Paulo, 1993.

PALHANO, M. R. N. **Agricultura, Estado e desenvolvimento regional em Minas Gerais 1950/1980**. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 1982. (Texto para Discussão, n. 13).

SZMRECSANYI, T. **Sugestão de um novo esquema de análise do setor agropecuário**. Campinas: Editora da Unicamp, 1983.

ANEXO

TABELA A.1
Número de infraestruturas, número de pesquisadores e participação relativas segundo as áreas do conhecimento

Área do conhecimento	Número de infraestruturas	(%)	Número de pesquisadores	(%)
Não classificado	33	6,88	186	4,53
Agrometeorologia	2	0,42	11	0,27
Anatomia	2	0,42	2	0,05
Aplicações de radioisótopos	1	0,21	4	0,1
Aquicultura	9	1,88	31	0,75
Biologia celular e molecular de parasitos	1	0,21	58	1,41
Biologia molecular	4	0,83	64	1,56
Biologia e fisiologia dos micro-organismos	7	1,46	53	1,29
Biologia molecular	1	0,21	6	0,15
Biotecnologia	1	0,21	58	1,41
Botânica aplicada	1	0,21	7	0,17
Botânica de halófitas	1	0,21	9	0,22
Caracterização de nutrientes	1	0,21	2	0,05
Citologia e biologia celular	2	0,42	60	1,46
Citotoxidade	1	0,21	58	1,41
Ciência de alimentos	30	6,25	179	4,36
Ciência do solo	28	5,83	100	2,43
Clínica médica	2	0,42	13	0,32
Clínica e cirurgia animal	3	0,63	8	0,19
Conservação da natureza	3	0,63	14	0,34
Contaminantes de alimentos	1	0,21	18	0,44
Controle biológico	1	0,21	4	0,1
Controle neural	1	0,21	58	1,41
Ecologia aplicada	5	1,04	38	0,93
Ecologia de ecossistemas	5	1,04	75	1,83
Embriologia	1	0,21	5	0,12
Energia de biomassa florestal	1	0,21	3	0,07
Engenharia hidráulica	1	0,21	4	0,1
Engenharia de alimentos	3	0,63	13	0,32
Engenharia de pesca	2	0,42	8	0,19
Engenharia de água e solo	5	1,04	24	0,58
Ensaios dinâmicos	1	0,21	18	0,44
Enzimologia	1	0,21	3	0,07
Estatística	1	0,21	1	0,02
Estresses biótico e abiótico	1	0,21	5	0,12
Estruturas	1	0,21	3	0,07
Etnofarmacologia	1	0,21	58	1,41
Farmacologia bioquímica e molecular	1	0,21	58	1,41
Farmacologia cardiorenal	1	0,21	58	1,41
Farmacologia geral	1	0,21	58	1,41

(Continuação)

(Continuação)

Área do conhecimento	Número de infraestruturas	(%)	Número de pesquisadores	(%)
Fisiologia comparada	1	0,21	58	1,41
Fisiologia geral	1	0,21	58	1,41
Fisiologia pós-colheita	1	0,21	7	0,17
Fisiologia vegetal	2	0,42	9	0,22
Fisiologia de órgãos e sistemas	2	0,42	61	1,49
Fisiologia dos sentidos	1	0,21	2	0,05
Fitossanidade	41	8,54	149	3,63
Fitotecnia	40	8,33	177	4,31
Floricultura, parques e jardins	1	0,21	1	0,02
Fontes renováveis de energia	1	0,21	1	0,02
Física da matéria condensada	1	0,21	8	0,19
Físico-química	2	0,42	10	0,24
Genoma	1	0,21	17	0,41
Genética animal	3	0,63	12	0,29
Genética humana e médica	2	0,42	9	0,22
Genética molecular e de micro-organismos	3	0,63	10	0,24
Genética quantitativa	2	0,42	4	0,1
Genética vegetal	11	2,29	89	2,17
Genética e melhoramento dos animais domésticos	4	0,83	22	0,54
Genética vegetal	1	0,21	1	0,02
Geofísica	1	0,21	4	0,1
Geografia física	1	0,21	4	0,1
Geologia	2	0,42	2	0,05
Geotécnica	1	0,21	4	0,1
Histologia	2	0,42	3	0,07
Imunoensaios	1	0,21	58	1,41
Imunofarmacologia	1	0,21	58	1,41
Imunologia aplicada	2	0,42	64	1,56
Imunoquímica	1	0,21	58	1,41
Inspeção de produtos de origem animal	1	0,21	4	0,1
Micotoxinas	1	0,21	8	0,19
Manejo florestal	6	1,25	13	0,32
Matemática aplicada	1	0,21	4	0,1
Medicina veterinária preventiva	6	1,25	13	0,32
Medicina nuclear	1	0,21	3	0,07
Melhoramento genético e biotecnologia	1	0,21	1	0,02
Melhoramento genético vegetal	1	0,21	15	0,37
Metabolismo e bioenergética	1	0,21	58	1,41
Metalurgia de transformação	1	0,21	18	0,44
Meteorologia	1	0,21	1	0,02
Microbiologia aplicada	7	1,46	81	1,97
Microbiologia de plantas	1	0,21	58	1,41
Microscopia	1	0,21	2	0,05
Modelos de estimativa de estoque de carbono	1	0,21	9	0,22
Morfologia vegetal	3	0,63	7	0,17
Mutagenese	1	0,21	25	0,61
Máquinas e implementos agrícolas	1	0,21	2	0,05

(Continuação)

(Continuação)

Área do conhecimento	Número de infraestruturas	(%)	Número de pesquisadores	(%)
Nanotecnologia	1	0,21	58	1,41
Neurobiologia	1	0,21	58	1,41
Neurobiologia da dor e da inflamação	1	0,21	58	1,41
Neurobiologia das doenças neurológicas imunomediadas	1	0,21	58	1,41
Neurobiologia dos transtornos neurológicos	1	0,21	58	1,41
Neurodegeneração	1	0,21	58	1,41
Neuroimunoendocrinologia	1	0,21	58	1,41
Neurologia	1	0,21	58	1,41
Neuroproteção	1	0,21	58	1,41
Neuropsicofarmacologia	1	0,21	58	1,41
Neurotoxidade	1	0,21	58	1,41
Nutrição e alimentação animal	8	1,67	28	0,68
Oceanografia biológica	4	0,83	17	0,41
Oncologia experimental	1	0,21	3	0,07
Parasitologia animal	1	0,21	1	0,02
Parasitologia molecular aplicada	1	0,21	6	0,15
Pastagem e forragicultura	7	1,46	26	0,63
Patologia animal	3	0,63	25	0,61
Processos industriais de engenharia química	3	0,63	14	0,34
Processos com membranas	1	0,21	9	0,22
Produção animal	12	2,5	42	1,02
Protozoologia de parasitos	2	0,42	59	1,44
Quimiorresistência	1	0,21	58	1,41
Química analítica	2	0,42	9	0,22
Química inorgânica	1	0,21	2	0,05
Química orgânica	1	0,21	2	0,05
Química de macromoléculas	1	0,21	5	0,12
Recursos pesqueiros marinhos	2	0,42	7	0,17
Recursos pesqueiros de águas interiores	2	0,42	9	0,22
Reprodução animal	2	0,42	8	0,19
Resposta celular	1	0,21	58	1,41
Saneamento ambiental	1	0,21	2	0,05
Saúde pública	2	0,42	9	0,22
Silvicultura	17	3,54	59	1,44
Sistemas de computação	1	0,21	3	0,07
Taxonomia dos grupos recentes	3	0,63	8	0,19
Tecnologia química	2	0,42	8	0,19
Tecnologia de alimentos	29	6,04	145	3,53
Tecnologia e utilização de produtos florestais	12	2,5	44	1,07
Toxicologia molecular	1	0,21	58	1,41
Tratamento de águas de abastecimento e residuárias	1	0,21	1	0,02
Técnicas e operações florestais	2	0,42	7	0,17
Zoologia aplicada	4	0,83	17	0,41
Melhoramento genético	1	0,21	3	0,07

Fonte: MCTI/CNPQ/Ipea.

TABELA A.2
Número de laboratórios, idade média, laboratórios acreditados, laboratórios multidisciplinares, laboratórios multiusuários, investimento, valor estimado de equipamentos, valor estimado de *software*, infraestrutura e número de pesquisadores por grande área

Característica/grande área	Ciências exatas e da terra	Ciências biológicas	Engenharias	Ciências da saúde	Ciências agrárias	Multidisciplinares
Número de laboratórios	18	60	12	5	257	1
Idade média dos laboratórios	12,38	11,98	12,55	12,96	14,77	0
Número de laboratórios acreditados pelo Inmetro	0	7	4	4	27	0
Número de laboratórios acreditados por outros órgãos	0	20	0	4	37	0
Número de laboratórios multidisciplinares	12	44	10	4	59	1
Número de laboratórios multiusuários	14	54	10	4	179	1
Número de laboratórios com investimento significativo nos últimos cinco anos	13	48	11	5	180	1
Valor estimado de equipamentos (R$)	45.298.917	41.053.227	27.083.704	9.652.181	91.312.100	420.000
Valor estimado de *software* (R$)	470.400	1.984.263	64.300	40.000	1.976.948	30.000
Número de infraestruturas	18	60	12	5	257	1
Número de pesquisadores	149	568	125	44	1.304	10
Número de pesquisadores com doutorado	142	487	84	39	1.040	10
Número de pesquisadores com mestrado	7	48	25	3	170	.

Fonte: MCTI/CNPQ/Ipea.

TABELA A.3
Infraestrutura, área e número de pesquisadores segundo as grandes áreas

Grande área	Número de infraestruturas	(%)	Área física (m²)	(%)	Número médio da área física (m²)	Número de pesquisadores	(%)	Número médio de pesquisadores
Ciências agrárias	257	73	104.440	75	406,4	1.000	67	3,9
Ciências biológicas	60	17	24.150	17	402,5	328	22	5,5
Ciências exatas e da terra	18	5	3.064	2	170,2	73	5	4,1
Ciências da saúde	5	1	1.460	1	292,0	24	2	4,8
Engenharias	12	3	5.995	4	499,5	64	4	5,3
Outra	1	0	1.000	1	1000,0	5	0	5,0

Fonte: MCTI/CNPQ/Ipea.

TABELA A.4
Infraestrutura, área e número de pesquisadores segundo as grandes regiões

Região	Número de infraestruturas	(%)	Área física (m²)	(%)	Número médio da área física	Número de pesquisadores	(%)	Número médio de pesquisadores
Centro-Oeste	30	11	4.073,36	7,4	135,78	147	13	4,9
Nordeste	29	10	2.826,93	5,1	97,48	78	7	2,69
Norte	13	5	2.569,68	4,7	197,67	33	3	2,54
Sudeste	93	33	26.587,80	48,2	285,89	448	38	4,82
Sul	118	42	19.153,33	34,7	162,32	462	40	3,92

Fonte: MCTI/CNPQ/Ipea.

TABELA A.5
Clientes das infraestruturas

Tipo de cliente	Número de infraestruturas	Percentual
Pesquisadores	165	41
Empresas	129	32
Governo	67	17
Outro	38	10

Fonte: MCTI/CNPQ/Ipea.

TABELA A.6
Número de laboratórios por tipo de serviço técnico segundo a natureza do controle (governo, pesquisador, empresarial ou outra natureza)

Tipo de serviço técnico científico	Governo	Pesquisadores	Empresas	Outro
Acesso a banco de células, microrganismos etc.	3	16	5	4
Análise de materiais	21	72	49	5
Análise de propriedades físico-químicas	14	52	34	8
Calibração	1	4	2	1
Certificação	1	2	4	0
Consultoria e assessoria técnico-científicas	32	55	69	15
Desenvolvimento e aperfeiçoamento de processos	10	37	34	6
Desenvolvimento e aperfeiçoamento de produtos	4	29	35	3
Elaboração e testes de protótipos	3	10	13	2
Ensaios e testes	25	72	65	9
Exames laboratoriais	22	55	36	8
Informação tecnológica	15	39	33	6
Inspeção	5	9	9	1
Manutenção de equipamentos científicos	0	6	2	0
Metrologia	1	1	0	0
Serviços ambientais	8	17	16	2
Outros	7	7	4	3

Fonte: MCTI/CNPQ/Ipea.

TABELA A.7
Utilização da infraestrutura segundo o tipo de atividade e a intensidade

Intensidade de uso	Contínuo	Alguns dias da semana	Alguns dias do mês	Esporádico
Atividades de pesquisa	237	26	11	6
Atividades de ensino	127	60	34	40
Desenvolvimento de tecnologia	84	24	22	49
Prestação de serviço	62	16	33	67
Atividade de extensão	29	10	27	95
Outra	5	1	0	1

Elaboração do autor.

A principal área de atuação da infraestrutura é para a de agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura. Em seguida, se destaca a indústria de transformação, o que pode ser explicado pela indústria alimentícia; e, em terceiro lugar, as atividades profissionais, técnicas e científicas (tabelas 4.19 e 4.20).

TABELA A.8
Infraestrutura segundo a área de atuação

Denominação	Quantidade	(%)
Administração pública, defesa e seguridade social	1	0,2967359
Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura	184	54,599407
Alojamento e alimentação	4	1,1869436
Artes, cultura, esporte e recreação	3	0,8902077
Atividades profissionais, científicas e técnicas	55	16,320475
Educação	16	4,7477745
Eletricidade e gás	1	0,2967359
Indústrias de transformação	60	17,804154
Indústrias extrativas	2	0,5934718
Outras atividades de serviços	1	0,2967359
Saúde humana e serviços sociais	8	2,3738872
Água, esgoto, atividades de gestão de resíduos e descontaminação	2	0,59

Fonte: MCTI/CNPQ/Ipea.

TABELA A.9
Infraestrutura segundo a seção e a divisão da área de atuação

Seção	Divisão	Denominação	Quantidade	(%)
A	1	Agricultura, pecuária e serviços relacionados	155	0,4201
A	2	Produção florestal	30	0,0813
A	3	Pesca e aquicultura	10	0,0271
B	6	Extração de petróleo e gás natural	1	0,0027
B	9	Atividades de apoio à extração de minerais	1	0,0027
C	10	Fabricação de produtos alimentícios	44	0,1192
C	11	Fabricação de bebidas	4	0,0108
C	16	Fabricação de produtos de madeira	7	0,019
C	17	Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	4	0,0108
C	19	Fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis	5	0,0136
C	20	Fabricação de produtos químicos	1	0,0027
C	21	Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos	4	0,0108
C	22	Fabricação de produtos de borracha e de material plástico	1	0,0027
C	28	Fabricação de máquinas e equipamentos	1	0,0027
C	31	Fabricação de móveis	1	0,0027
D	35	Eletricidade, gás e outras utilidades	1	0,0027
E	36	Captação, tratamento e distribuição de água	1	0,0027
E	39	Descontaminação e outros serviços de gestão de resíduos	1	0,0027
I	56	Alimentação	4	0,0108
M	71	Serviços de arquitetura e engenharia; testes e análises técnicas	3	0,0081
M	72	Pesquisa e desenvolvimento científico	50	0,1355
M	73	Publicidade e pesquisa de mercado	1	0,0027
M	75	Atividades veterinárias	3	0,0081
O	84	Administração pública, defesa e seguridade social	1	0,0027
P	85	Educação	16	0,0434
Q	86	Atividades de atenção à saúde humana	8	0,0217
R	91	Atividades ligadas ao patrimônio cultural e ambiental	3	0,0081
S	94	Atividades de organizações associativas	1	0,0027
		Missing	7	0,019

Fonte: MCTI/CNPQ/Ipea.

CAPÍTULO 10

INFRAESTRUTURA DE PESQUISAS E PRODUTIVIDADE CIENTÍFICA DOS PESQUISADORES BRASILEIROS

Sérgio Kannebley Júnior[1]
Renata de Lacerda Antunes Borges[2]

1 INTRODUÇÃO

Com uma infraestrutura de pesquisa quase integralmente criada no século XX, os recentes avanços da produção científica brasileira demonstram o potencial produtivo da infraestrutura nacional[3] de pesquisa, levando a uma melhora da posição brasileira nos *rankings* internacionais, principalmente, no que tange à quantidade de artigos publicados em periódicos indexados internacionalmente. No entanto, pouco se tem investigado sobre o papel dessa infraestrutura de pesquisa sobre a produtividade científica, bem como sua inter-relação com a produção de outros serviços e desenvolvimento de tecnologias. Ao encontro disso, este capítulo tem como objetivo de pesquisa analisar os determinantes individuais e coletivos na produção dos cientistas brasileiros. Particularmente, busca-se saber qual configuração de laboratório de pesquisa seria a mais estimulante à produção científica no Brasil.

Conforme destacado por Stephan (2012), "a pesquisa raramente é feita isoladamente". O ambiente de laboratório é propício à colaboração e especialização em atividades que levam ao aumento da eficiência produtiva e da capacidade de lidar com problemas que requerem a conjunção de recursos cognitivos para serem enfrentados. À composição de recursos humanos, juntam-se a infraestrutura física, representada pelos materiais e equipamentos que viabilizam a realização das pesquisas e que, em diversos casos, ditam o avanço do conhecimento.

---

1. Professor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FEA-RP/USP).

2. Mestre no Programa de Pós-Graduação em Economia (PPGE) da FEA-RP/USP.

3. Segundo o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), por infraestrutura de pesquisa, entende-se o conjunto de instalações físicas e condições materiais de apoio (equipamentos e recursos) utilizados pelos pesquisadores para a realização de atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D). São exemplos de infraestruturas de pesquisa: grandes instalações de pesquisa, laboratórios, redes integradas de instalações de P&D, plantas-piloto, biotérios, salas limpas, redes de informática de alto desempenho, bases de dados, coleções, bibliotecas especializadas, observatórios, telescópios, navios de pesquisa, reservas e estações experimentais, entre outras.

Nesse sentido, foi utilizada uma base de dados composta de dois conjuntos de informações. A primeira base consiste em informações contidas em questionários respondidos pelos coordenadores de 1.756 laboratórios no Brasil sobre infraestrutura física, de pessoal, cooperação, escopo de atividades desenvolvidas, entre outras, tendo como período base o ano de 2012. Complementarmente a esse conjunto de observações, foi construída uma base com dados pessoais dos pesquisadores pertencentes a essas infraestruturas de pesquisa por meio de coleta de dados de seus currículos *Lattes-CNPq* para o período de 2004 a 2013, de onde foram extraídas informações sobre sua produção científica, formação acadêmica e atividades desenvolvidas.

A partir desse conjunto de informações, foram definidas, por meio da análise de *cluster,* três grupos de laboratórios. O primeiro grupo, denominado *intensivos em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias*, atua em múltiplas áreas de conhecimento científico e suas atividades de pesquisa e desenvolvimento de tecnologias são realizadas de forma contínua. O segundo grupo, denominado como *laboratórios intensivos em pesquisa e ensino,* atua, principalmente, nas áreas científica de engenharia e ciências biológicas e desenvolvem continuamente atividades de pesquisa, ensino e desenvolvimento de tecnologia. O terceiro grupo, denominado *intensivos em pesquisa*, são laboratórios que atuam, principalmente, nas áreas científicas de engenharia e ciências exatas e da terra, cuja atividade de pesquisa é realizada de forma contínua, enquanto as atividades de ensino ocorrem de modo descontínuo e não há desenvolvimento de tecnologia.

Tomando esses três grupos de laboratórios como referência para análise, foram estimados modelos econométricos a fim de explicar a produtividade *per capita* dos pesquisadores pertencentes a essas infraestruturas de pesquisa. Os resultados obtidos demonstraram que, quando são consideradas as variáveis representativas das características dos laboratórios, o diferencial de produtividade a favor dos pesquisadores pertencentes aos *laboratórios intensivos em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias* e dos *laboratórios intensivos em pesquisa e ensino* está relacionado ao maior escopo de atividades que desenvolvem, sendo possível concluir que tanto o escopo de atividades quanto o estoque de recursos físicos, que se determinam simultaneamente, além da participação dos estudantes, são importantes determinantes da produtividade científica dos pesquisadores no caso brasileiro.

2 DETERMINANTES COLETIVOS DA PRODUTIVIDADE CIENTÍFICA

Os determinantes da produtividade científica têm sido objeto de estudo de um grande número de pesquisadores de áreas como sociologia e economia.[4] Diversos são os argumentos relacionados aos determinantes individuais

4. Esses estudos foram em grande parte motivados pela Lei de Lotka (1926), formulada a partir da observação empírica da concentração de artigos em uma área de pesquisa. Usualmente estes artigos são produzidos por um número bastante restrito de pesquisadores, levando à formulação de uma relação inversamente proporcional da probabilidade do número de pesquisadores possuírem um determinado número de publicações.

e coletivos, os quais estão vinculados às heterogeneidades individuais dos pesquisadores, gênero, idade, entre outros. Porém, trabalhos recentes destacam também a importância dos determinantes coletivos da produção científica (e tecnológica), como a infraestrutura física, os desenvolvimentos tecnológicos e o grau de cooperação, a composição do capital humano, a infraestrutura de pesquisa, o ambiente institucional, entre outros, definindo uma nova dimensão de produtividade no nível do laboratório.

No nível dos centros de pesquisa, as características do capital humano e físico são consideradas como fatores que influenciam na produtividade científica e tecnológica dos pesquisadores. No que tange à composição do capital físico, Stephan (2012) afirma que o acesso a equipamentos e materiais é de suma importância para os cientistas, pois afeta significativamente a sua produtividade. Dessa forma, destaca o papel da tecnologia, por meio do desenvolvimento de novos equipamentos, como viabilizadora do avanço da pesquisa.

Ainda sobre os recursos físicos, os materiais de pesquisa (células, reagentes, telescópios etc.) na produtividade científica e tecnológica surgem ao propiciar meios e incentivos para o desenvolvimento de novos estudos e/ou descobertas. Porém, é importante notar para a concentração da produção científica e tecnológica oriunda das barreiras ao acesso a equipamentos e materiais especializados, ou seja, um aumento na especialização e no preço desses instrumentos de produção pode concentrar a pesquisa em poucos centros e, portanto, nas mãos de poucos cientistas. Por sua vez, apesar dos materiais serem comprados pelos laboratórios de pesquisa, cientistas de outros centros de estudo têm a possibilidade de acesso por meio de um processo de troca e/ou parcerias, sendo tal prática tradicional no meio científico.

No que tange ao capital humano presente nos centros de pesquisa, a literatura destaca as seguintes características como fatores influentes na produtividade científica e tecnológica dos pesquisadores: composição do laboratório, em termos da complementariedade entre os diferentes tipos de cientistas (posição e idade); nível de qualidade dos pesquisadores parceiros e de suas publicações; e a presença de pesquisadores externos. Bonaccorsi e Daraio (2002) encontraram que a idade média dos pesquisadores reflete a atratividade e vitalidade científica dos laboratórios por meio do círculo virtuoso, ou seja, instituições de pesquisa com mais prestígio atraem maiores recursos e proporcionam mais cargos para jovens pesquisadores. Dessa forma, atraem mão de obra mais bem qualificada e propiciam a compra de materiais, equipamentos etc. Ainda assim, Mairesse e Turner (2005) encontraram que a produtividade dos colegas impacta fracamente na produção individual, porém a qualidade das publicações dos companheiros de laboratório afeta fortemente a qualidade média das publicações individuais. Carayol e Matt (2004) demonstraram

que pesquisadores permanentes e não permanentes[5] são complementares na produção científica e tecnológica e, também, denotam o impacto positivo dos pesquisadores externos sobre a produtividade dos pesquisadores permanentes.

Fatores ligados às características qualitativas dos centros de pesquisa – a qualidade das universidades, o prestígio e a reputação dos laboratórios – são citados como colaboradores na produtividade dos pesquisadores. O desempenho produtivo destes é maior em instituições de mais prestígio, quando comparado com os que trabalham em instituições menos qualificadas no meio acadêmico (Cole e Cole, 1973). Allison e Long (1990) analisaram 179 mudanças de emprego dos cientistas, a fim de capturar os efeitos em seus desempenhos. Quando houve transferência para centros mais conceituados que o anterior, foram observados aumentos nas taxas de publicação e de citações dos pesquisadores. Aqueles que realizaram movimento inverso demonstraram diminuições substanciais na sua produtividade. Tal fato foi denominado como um efeito departamental.

Outra particularidade dos laboratórios é o tamanho da infraestrutura. A principal questão está relacionada com o retorno de escala (tamanho dos centros) na produção do conhecimento científico. Bonaccorsi e Daraio (2002) concluíram que o tamanho do laboratório e a produtividade não se correlacionam positivamente e, especificamente, nas áreas de química, ambiental e engenharia apresentou retornos decrescentes na produção científica. Ademais, é constatado que, em quase todos os campos da ciência, os laboratórios menores são mais produtivos. Mesmo resultado encontrado por Carayol e Matt (2006), os quais usaram o número de pesquisadores permanentes como *proxy* para o tamanho do laboratório. Mairesse e Turner (2005) encontram que o impacto do tamanho na produtividade individual é significativo, mas pequeno. Além disso, possui relação decrescente com a produção média de artigos, porém ligeiramente positiva no número de citações.

Por fim, as atividades de ensino e pesquisa desenvolvidas pelos centros podem ser consideradas tanto complementares quanto concorrentes, surgindo uma questão conflitante oriunda das expectativas e obrigações geradas no seu desenvolvimento. Fox (1992) pesquisou quatro áreas da ciência (economia, ciência política, psicologia e sociologia) em diversos departamentos universitários dos Estados Unidos a fim de analisar como a pesquisa e o ensino influenciam a produtividade de publicação dos pesquisadores e/ou professores. As conclusões geradas foram que essas atividades são concorrentes, visto que os pesquisadores mais produtivos se dedicam menos à atividade de ensino (preparação de cursos, por exemplo), além de serem consideradas por estes de menor importância quando comparada à atividade de pesquisa.

5. Os pesquisadores permanentes são compostos por professores (dedicados ao ensino e à pesquisa) e pesquisadores dedicados exclusivamente à pesquisa, enquanto os pesquisadores não permanentes envolvem os alunos de pós-graduação.

Para os pesquisadores, a manutenção de altos níveis de produtividade científica é essencial para manter uma boa reputação no meio acadêmico e garantir financiamentos e motivação para projetos futuros. Contudo, as pessoas possuem capacidades cognitivas limitadas. Nesse sentido, a colaboração entre os pesquisadores aparece como solução para essa limitação individual por meio da divisão de tarefas, do aproveitamento de habilidades específicas e do compartilhamento de equipamentos, materiais e recursos financeiros. Conforme disposto em Li, Liao e Yen (2013, p. 1515-1516) uma cadeia interligada de interações sociais constitui uma rede social em que recursos valiosos de pesquisa são compartilhados nas formas de informação, compreensão e conhecimento. Os estudos de Price e Beaver (1966), Narin, Hamilton e Olivastro (1997) e Glanzel e Schubert (2001) encontram uma relação positiva entre a produtividade científica e tecnológica e a colaboração entre os pesquisadores. Outros resultados derivados desses estudos demonstram que a colaboração internacional entre universidades provocou um efeito positivo na qualidade dos artigos. Gonzalez-Brambila, Veloso e Krackhardt (2013) analisaram um conjunto de hipóteses usando o banco de dados de publicações e citações de todos os artigos científicos que tiveram pelo menos um autor do México no período de 1981 a 2002, comprovando que houve maiores publicações tanto para os autores que formaram parcerias com cientistas de elite, quanto para os que colaboraram com maior frequência com pesquisadores de outros campos do conhecimento. Dessa forma, confirmando a teoria de que a cooperação externa provoca uma produtividade maior.

3 BASE DE DADOS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O trabalho reunirá informações das características individuais e coletivas dos pesquisadores das infraestruturas e/ou laboratórios, a partir das seguintes fontes de dados.

1) Mapeamento das infraestruturas de pesquisas do Brasil realizado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) em parceira com o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea).
2) Plataforma *Lattes* do CNPq.

O primeiro conjunto de dados contém informações sobre 1.760 infraestruturas de pesquisa com ano-base de 2012. A coleta de informações dos centros de pesquisa foi realizada por meio de um questionário enviado às unidades de pesquisa (UPs), organizações sociais (OSs) vinculadas ao MCTI e institutos de pesquisa vinculados à Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). A segunda base conterá as informações relativas à produção científica dos pesquisadores pertencentes à base anterior no período de 2004 a 2013. Assim como

as informações sobre as características curriculares dos docentes, tais como: universidade de vínculo; local e ano de titulação de doutorado; tipos e quantidade de orientações; entre outras. Dessa forma, a conjunção das duas bases permitirá a realização do exercício proposto por este capítulo, que consiste na verificação do impacto das características das infraestruturas de pesquisa sobre a produção científica individual dos pesquisadores.

O perfil médio das infraestruturas são estruturas denominadas como laboratórios com idade média de 17 anos e se situam, em sua maioria, na região Sudeste do país – São Paulo (24,09%), Rio de Janeiro (19,43%) e Minas Gerais (12,9%). Em relação às grandes áreas do conhecimento, as infraestruturas estão em maior concentração nas áreas de engenharia (27,56%), ciências exatas e da terra (20,63%), ciências biológicas (17,73%) e ciências agrárias (11,7%), além da parcela significativa de 18,36% que atuam em mais de uma grande área do conhecimento (multiárea). Como pode ser observado da tabela 1, a concentração dos pesquisadores também ocorre nas grandes áreas citadas anteriormente, as quais contam com 71,2% do total de pesquisadores.

A força de trabalho ocupada nas infraestruturas (tabela 2) é composta por 25.261 profissionais, sendo divididas entre coordenadores, pesquisadores, estudantes de pós-graduação e técnicos de nível médio ou superior. Dos 6.797 pesquisadores distintos, 4.914 (72,3%) são doutores, contando ainda com 6.113 técnicos e 12.351 orientandos de pós-graduação.

TABELA 1
Distribuição das infraestruturas e dos pesquisadores, por grande área do conhecimento de atuação das infraestruturas pesquisadas

Grande área	Número de infraestrutura	Número de pesquisadores
Ciências exatas e da terra	363	1.445
Ciências biológicas	312	1.162
Engenharias	485	1.696
Ciências da saúde	67	333
Ciências agrárias	206	539
Ciências sociais aplicadas	2	11
Ciências humanas	2	9
Multiáreas	323	1.602
Total	**1.760**	**6.797**

Elaboração dos autores.

TABELA 2
Capital humano das infraestruturas, por titulação da mão de obra e segundo constituição e/ou localização (2012)

Infraestrutura	Quantidade	Pesquisadores/coordenadores					Estudantes de pós-graduação		Técnicos	
		Doutores	Mestres	Especialistas	Graduados	Outros	Doutorado	Mestrado	Superior	Nível médio
Público/ privado	412	1.178	343	51	198	54	897	887	1.522	1.074
Universidades	1.203	3.651	647	41	245	144	5.207	5.209	1.948	918
Institutos técnicos	145	85	79	26	38	17	33	118	449	202
Total	**1.760**	**4.914**	**1.069**	**118**	**481**	**215**	**6.137**	**6.214**	**3.919**	**2.194**

Elaboração dos autores.

A tabela 3 mostra a distribuição das infraestruturas segundo faixa de valor estimado da estrutura e dos equipamentos de pesquisa, em valores de 2012. Tal como observado, há uma forte correlação entre o valor dos equipamentos disponíveis e o valor da infraestrutura em geral, ou seja, 63% e 60% das instituições de pesquisa estão localizadas na estimativa até R$ 500 mil reais, respectivamente.

TABELA 3
Distribuição das infraestruturas pesquisadas segundo faixa de valor estimado das infraestruturas e dos equipamentos de pesquisa

Faixa do valor total estimada da infraestrutura e do valor médio dos equipamentos de pesquisa (Em R$ de 2012)	Número de infraestrutura por valor total estimado da infraestrutura	Número de infraestrutura por valor médio dos equipamentos de pesquisa
Até R$ 500 mil	1.054	1.110
Acima de R$ 500 mil até R$ 1 milhão	301	250
Acima de R$ 1 milhão até R$ 3 milhões	222	260
Acima de R$ 3 milhões até R$ 5 milhões	73	51
Acima de R$ 5 milhões até R$ 10 milhões	55	51
Acima de R$ 10 milhões até R$ 20 milhões	33	19
Acima de R$ 20 milhões até R$ 30 milhões	11	3
Acima de R$ 30 milhões até R$ 50 milhões	2	2
Acima de R$ 50 milhões	N.A.	3
Acima de R$ 50 milhões até R$ 100 milhões	2	NA
Acima de R$ 100 milhões até R$ 200 milhões	4	NA
Acima de R$ 200 milhões	2	NA
Não informado	1	1
Total	**1.760**	**1.760**

Elaboração dos autores.

Em relação às 1.760 estruturas, 64,54% dos coordenadores avaliaram as suas instalações físicas como *ruim* e *regular*. Na avaliação da qualidade dos equipamentos, 53,46% classificaram seus equipamentos como *bom* e *muito bom* e 45,29% classificaram de *ruim* a *regular*. Além disso, 82,02% consideravam suas capacidades técnicas de *adequados aos padrões brasileiros* a *avançados e compatíveis com o exterior.* Dessa forma, os dados revelam que as condições das instalações físicas e de equipamentos das infraestruturas brasileiras pesquisadas podem ser consideradas de qualidade intermediária, porém seu capital humano de boa formação.

Por fim, as infraestruturas podem ser caracterizadas pelas atividades que desenvolvem. O grau de envolvimento nas atividades é classificado como: (0) não desenvolve; (1) contínuo; (2) alguns dias da semana e alguns dias do mês; e (3) esporádico. Conforme descrito na tabela 4, nota-se uma alta concentração das infraestruturas nas atividades contínuas de pesquisa (80,7%) e ensino (39,3%).

TABELA 4
Descrição da distribuição das variáveis de atividades conforme sua intensidade de realização
(Em %)

Atividades/categorias	0	1	2	3
Ensino	14,20	39,32	31,42	15,06
Pesquisa	4,49	80,74	11,99	2,78
Tecnologia	31,76	35,23	15,91	17,10
Extensão tecnológica	54,83	7,95	10,52	26,70
Serviço técnico	41,65	17,90	13,23	27,22
Outras atividades	95,57	2,73	1,07	0,63

Elaboração dos autores.

Na tabela 5, é possível observar que das 1.760 infraestruturas, 628 realizam conjuntamente atividades de ensino e pesquisa. A realização de atividades de desenvolvimento tecnológico também é realizada continuamente por 35,2% das infraestruturas de pesquisa, sendo realizada por 601 infraestruturas que também realizam pesquisa. Como é possível perceber nas tabelas 4 e 5, a maior porcentagem de não realização de atividades e o menor grau de intersecção com as atividades de ensino, pesquisa ou desenvolvimento de tecnologia são os serviços tecnológicos e extensão tecnológica.

TABELA 5
Quantidade de infraestruturas de acordo com a interação das atividades desenvolvidas na categoria contínua

Atividades	Ensino	Pesquisa	Desenvolvimento de tecnologia	Extensão tecnológica	Serviço técnico
Ensino	692				
Pesquisa	628	1.421			
Desenvolvimento de tecnologia	298	601	620		
Extensão tecnológica	95	135	110	140	
Serviço técnico	135	251	251	89	315

Elaboração dos autores.

4 MODELO COM DADOS EM *CROSS-SECTION* PARA DETERMINANTES DA PRODUTIVIDADE INDIVIDUAL

O modelo econométrico para determinar os efeitos do laboratório sobre a produtividade científica individual é baseado na abordagem de função de produção para representar a função de produtividade dos pesquisadores nos centros de pesquisa e é estruturado da seguinte maneira:[6]

$$Y_{ik} = D_k \, . \, F(X_1, X_2, u_i), \tag{1}$$

em que:

Y_{ik}: quantidade total de artigos publicados pelo pesquisador *i*,[7] *pertencente à infraestrutura k*, divididos pelo número de coautores[8] – produtividade *per capita* – acumulada entre 2009 a 2013;

D_k: refere-se a variável *dummy* representando a infraestrutura de pesquisa do tipo *k*, definido segundo análise de *cluster* não hierárquico;

X_1 (vetor de características individuais observáveis do pesquisador):

– *log* da quantidade de artigos *per capita* produzidos no período de 2004 a 2008;

– variável *dummy* de dedicação exclusiva;

– quantidade de orientações de mestrado concluídas entre 2009 e 2013;

6. Segundo Bonaccorsi e Daraio (2002), a abordagem de função de produção a medição da produtividade científica é realizada especificando uma relação funcional que cruza dados observados, procurando relações médias, e estimar coeficientes que se relacionam insumos e resultados.

7. Entende-se aqui como pesquisador aquele que tenha obtido o doutorado até 2009 e permanente como aquele que pertence ao quadro efetivo do laboratório.

8. Dessa forma, procura-se obter de modo menos viesado a contribuição científica efetiva do pesquisador (Carayol e Matt, 2006).

– quantidade de orientações de doutorado concluídas entre 2009 e 2013;

– quantidade de orientações pós-doutorado concluídas entre 2009 e 2013;

– variável *dummy* para área do conhecimento;

– variável *dummy* de geração (1962-1979);

– variável *dummy* de geração (1980-1989);

– variável *dummy* de geração (1990-1999);

– variável *dummy* de geração (2000-2009);

– variável *dummy* de trabalho em apenas um laboratório;

– variável *dummy* se realiza função de coordenador.

X_2 (vetor de características das infraestruturas, as quais o pesquisador *i* pertence):

– variável *log* da idade da infraestrutura de pesquisa;

– variável *log* da idade da infraestrutura de pesquisa ao quadrado;

– variável desvio-padrão da idade de pesquisa dos pesquisadores pertencentes às infraestruturas;

– variável *log* representando a categoria de valor de estoque de capital;

– variável *log* do valor médio do estoque de capital físico;

– variável *log* da quantidade total pessoal ocupado na infraestrutura;

– variável *log* da quantidade de técnicos;

– variável *log* da quantidade de estudantes;

– variável *dummy* para área do conhecimento;

– variável *dummy* para região de atuação da infraestrutura no Brasil.

u_{ik}: fatores não observáveis do pesquisador *i, k*.

Dessa forma, o modelo de regressão log-linear, em que $a = \ln(A)$ pode ser representado da seguinte maneira:

$$y_{ik} = d_k'\beta_3 (x_1'\beta_1 + x_2'\beta_2) + u_i \quad (2)$$

Como a variável de interesse é a produtividade científica *per capita*, ou seja, uma variável que tem um limite inferior a zero e outros valores positivos com grande dispersão, optou-se por usar a estratégia de estimação por meio do modelo *Tobit* com dados em *cross-section*. Tal método permite acomodar situações em que há

acumulação de observações num único ponto de massa na fronteiro do domínio. Portanto, a estratégia de estimação para amostras com presença de zeros é tratar o problema de truncagem na variável dependente. Dessa maneira, pode-se considerar neste trabalho que o pesquisador possui uma desutilidade na produção de artigo (D_{ik}^{p}) e uma utilidade de publicação (U_{ik}^{p}). Assim, haverá publicação quando a $U_{ik}^{p} > D_{ik}^{p}$, podendo determinar a seguinte regra de decisão:

$$y_{ik} = \begin{cases} d_k'\beta_3\,(x_1'\beta_1 + x_2'\beta_2) + u_{ik} & , \quad se\ y_{ik} > 0 \\ 0 & , \quad se\ y_{ik} = 0 \end{cases} \tag{3}$$

sendo que u_{ik} é uma sequência de variáveis aleatórias independentes e identicamente distribuídas (i.i.d), $u_i \sim N(0, \sigma^2)$.

4.1 Definição das categorias de laboratório: análise de *cluster*

A análise de *cluster* é um procedimento da estatística multivariada cujo objetivo principal é, por meio de uma análise de relação entre um conjunto de variáveis, agrupar cada observação em subgrupos relativamente homogêneos denominados *clusters*, de tal forma que dentro de cada membro de *cluster* tenham maior similaridade possível, mas que sejam distintos entre si (Rencher, 2002). A realização da construção de um *cluster* não hierárquico tem como objetivo encontrar grupos de infraestruturas que possuem características semelhantes. Neste trabalho, optou-se por utilizar o método *K-medians*, já que proporciona uma maior estabilidade no tratamento de valores extremos presentes na amostra e determina o *centroide* de cada grupo a partir da mediana de todos os pontos do conjunto de observações. Além disso, será usada a minimização dos quadrados das distâncias euclidianas (L2squared).[9]

A fim de tipificar as infraestruturas em *cluster*, utilizaram-se todas as informações presentes no banco de dados do MCTI, exceto às pertencentes às áreas de ciências sociais aplicadas e ciências humanas. Dessa forma, totaliza-se 1.756 infraestruturas e 6.777 pesquisadores distintos. No entanto, com o intuito de padronizar a formatação das variáveis para estimações dos *clusters*, foram necessárias algumas modificações em seu conjunto. Estas variáveis foram agrupadas em variáveis de insumo (capital físico e humano), intervenientes e variáveis de resultados (tipos de produtos) da função de produção dos laboratórios. Estas variáveis foram redefinidas e estão descritas no quadro 1.

9. Para definir quantos grupos serão adotados, realizou-se uma análise de sensibilidade para testar a validade dos *clusters* gerados pelos diversos processos de inicialização de escolha de *K*. Entre os métodos disponíveis no *software* Stata estão: *krandom*, *firstk*, *lastk*, *everykth*, *segmentsK*. Os resultados dessa simulação podem ser requeridos aos autores.

QUADRO 1
Conjunto de variáveis de determinação dos *clusters*

Insumos
1. Porcentagem de pesquisadores de dedicação exclusiva (mais de 30 horas semanais) 2. Porcentagem de pesquisadores com doutorado 3. Porcentagem de pesquisadores com mestrado 4. Média de estudantes de doutorado 5. Porcentagem de pesquisadores visitantes 6. Porcentagem de pesquisadores estrangeiros 7. *Log* da relação capital-trabalho: logaritmo da média do valor estimado da infraestrutura dividido pela quantidade de pessoal ocupado
Intervenientes
8. Grande área do conhecimento 9. *Dummy* de realização ou não de cooperação
Atividades desenvolvidas
10. Ensino 11. Pesquisa 12. Desenvolvimento de tecnologias 13. Extensão tecnológica 14. Serviço técnico 15. Outras

Elaboração dos autores.

A manipulação nas variáveis de insumos de capital humano ocorreu por meio da transformação em percentual e média das variáveis originais. Conclui-se por meio delas que, em média, as infraestruturas contam com cientistas que trabalham mais de 40 horas semanais (dedicação exclusiva) e grande parte do seu quadro de pesquisadores possui a titulação de doutor. Além disso, a média de estudantes de doutorado por infraestrutura é de 3,49 e a porcentagem de pesquisadores estrangeiros e visitantes é de 6% e 2%, respectivamente.

Quanto à variável insumo de capital físico, criou-se uma relação capital-trabalho por infraestrutura. Dado que a variável de valor do capital físico encontrava-se no questionário em faixas de valores estimados da infraestrutura, primeiramente tirou-se a média de cada categoria, depois dividiu-se pelo total de pessoal ocupado.[10] Como resultado, encontrou-se um resultado médio de R$ 160,27 mil reais/pessoa ocupada por infraestrutura.

O segundo grupo de variáveis, denominadas intervenientes, dizem respeito à realização ou não de cooperação por elas e às áreas do conhecimento da infraestrutura. A primeira variável será mantida tal qual a original, enquanto além dos sete principais campos do conhecimento, optou-se por desmembrar do item multiárea as com maiores representatividades, tais como as combinações de engenharias com ciências exatas e da terra e ciências biológicas e as interações de ciências biológicas

10. Como total de pessoal ocupado inclui-se: coordenadores, pesquisadores e equipe de apoio (doutores, mestres, especialistas, graduados, nível médio, servidores e prestadores de serviços terceirizados).

com ciências da saúde e ciências agrárias, totalizando 7,33% e 4,49% das infraestruturas, respectivamente.

Por fim, o último grupo de variáveis trata dos tipos de produtos das infraestruturas, os quais são caracterizados como as atividades que desenvolvem. Essas variáveis foram redefinidas com apenas quatro categorias, agora variando de 0 a 3 conforme o grau de realização de cada uma. Sendo (0) não desenvolve; (1) contínuo; (2) alguns dias da semana e alguns dias do mês; e (3) esporádico. Como resultado, tem-se que as atividades de ensino são executadas com intensidades que variam entre (1) e (2), já o desenvolvimento de tecnologia está dividido entre as categorias 1 e 0, enquanto as atividades de pesquisa concentram-se, preponderantemente, na categoria *contínuo*. Por sua vez, as atividades de extensão tecnológica e serviço técnico não são realizadas pela maioria das infraestruturas (54,9% e 41,63%, respectivamente).

A tabela 6 descreve os centroides para cada variável dentro de cada *clusters*. Analisando os *clusters não hierárquicos* pelos centroides das variáveis e tomando o *cluster* 1 como referência, no primeiro grupo, as variáveis 2, 4 e 9 obtiveram associações lineares positivas e estatísticas significativas entre os *clusters*, servindo de grande utilidade na categorização.[11] A variável 7 não apresentou diferenças entre os *clusters*, apenas quando associada com a variável 9 percebeu-se uma relação linear negativa. O subconjunto de variáveis formado pelo produto das infraestruturas (atividades) não gerou diferenças de médias entre os *clusters*, mas quando há comparação das variáveis 10, 11 e 12 dentro de cada um, percebe-se que as infraestruturas possuem distintas intensidades de realizações dessas atividades, o que deve ajudar a caracterizá-los. E como esperado, as variáveis 13 e 14 obtiveram o mesmo comportamento e não exerceram influência na categorização dos *clusters*. No subconjunto de variáveis de cooperação externa, as variáveis 5 e 6 só apresentam diferenças estatísticas a 10% entre o *cluster* 3 e 1 e seus movimentos internos possuem associação negativa.

Por último, não há diferenciação de médias ente os *clusters* no que diz respeito ao desenvolvimento de *outras atividades*. Na variável 1, nota-se uma estatística significativa apenas entre o *cluster* 3 e 1. A variável 8 difere estatisticamente entre todos os *clusters*, desta forma auxiliando na definição das áreas de atuação do conhecimento de cada *cluster*. Com isso, a seguir é proposta uma caracterização de cada grupo formado, tanto com as variáveis utilizadas para a formação dos *clusters* quanto às demais que compõem o banco de dados, as quais auxiliarão na análise das semelhanças e diferenças entre cada um deles.

11. Para essa análise, foram também conduzidos testes de diferença de médias e análise multivariada de variância, apresentados em apêndice.

TABELA 6
Centroides das variáveis por grupos do *cluster* fk3

Variável/*clusters*	fk3 = 1	fk3 = 2	fk3 = 3
1. Dedicação exclusiva (%)	58,68	57,70	48,10
2. Pesquisador com doutorado (%)	80,50	91,00	71,80
3. Pesquisador com mestrado (%)	13,30	6,23	16,10
4. Média de estudantes de doutorado	2,26	8,0	0,73
5. Pesquisador-visitante (%)	3,55	2,78	1,70
6. Pesquisador estrangeiro (%)	6,46	7,00	4,54
7. *Log* do capital-trabalho	9,22	9,11	9,34
8. Principais áreas do conhecimento	Multiárea (%)	Engenharia e ciências biológicas (%)	Engenharia e ciências exatas e da terra (%)
9. Realiza cooperação	93,45	97,52	81,05
10. Atividade de ensino (contínuo)	35,27	56,03	29,11
11. Atividade de pesquisa (contínuo)	85,82	96,36	68,26
12. Atividade de desenvolvimento de tecnologia (contínuo)	42,55	46,78	25,11
13. Atividade de extensão tecnológica (contínuo)	12,0	9,92	5,14
14. Atividade de serviço técnico (contínuo)	23,27	17,02	16,89
15. Outras atividades (contínuo)	4,73	2,48	2,28

Elaboração dos autores.

4.1.1 Grupo 1 – laboratórios intensivo em pesquisa e desenvolvimento de tecnologia

Caracterizado como um grupo intermediário na porcentagem de pesquisadores com doutorado e mestrado (80,5% e 13,3%, respectivamente) e na média da quantidade de estudantes de doutorado (2,26). Porém, possui a maior porcentagem de pesquisadores visitantes (3,55%). Atuam, em maioria, na categoria multiárea do conhecimento e, entre as atividades realizadas de forma *contínua*, a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias são as principais, seguidas pelas de ensino, serviço técnico e extensão tecnológica. Tem o maior tamanho em área física, 402,6 m^2.

4.1.2 Grupo 2 – laboratório intensivo em pesquisa e ensino

Caracterizado por possuir a maior porcentagem de pesquisadores com doutorado e pesquisadores estrangeiros (91% e 7%, respectivamente), além disso possui a maior média da presença de estudantes de doutorado (8,0). Atuam, principalmente, nas áreas de engenharia (27,44%) e ciências biológicas (26,61%). As atividades de pesquisa e ensino são realizadas, pela maioria, de forma *contínua*. O desenvolvimento

de tecnologia, serviço técnico e extensão tecnológica são praticadas continuamente por menos da metade das infraestruturas. São laboratórios mais antigos – média de 22 anos – e possuem uma estrutura organizacional piramidal, ou seja, poucos coordenadores no topo e muitos pesquisadores na base.

4.1.3 Grupo 3 – laboratório intensivos em pesquisa

Pode ser caracterizado por possuir a menor porcentagem de pesquisadores com dedicação exclusiva e com doutorado (48,1% e 71,8%, respectivamente) e a média mais baixa de estudantes de doutorado (0,73). As principais áreas do conhecimento que atuam são engenharia (36,33%) e ciências exatas e da terra (27,11%). A atividade de pesquisa é realizada de forma *contínua* pela maior parte das infraestruturas, enquanto a atividade de ensino e o desenvolvimento de tecnologia aparecem em segundo plano. Possui o menor tamanho em área física, 316,4m^2, e a maior relação capital-trabalho. A estrutura organizacional é mais horizontal, ou seja, quase metade dos pesquisadores possui o cargo de coordenador.

Nas demais variáveis, não há distinção dos grupos, definindo o seguinte perfil: maioria são estruturas de laboratório; instalados em universidades públicas e/ou privadas; presentes na região Sudeste do Brasil (São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais); considerando *regular* a situação de suas instalações físicas e *boa* a situação de seus equipamentos. Ademais, seus financiamentos são oriundos, em maior parcela, de fontes externas e não realizam atividades de extensão tecnológica, serviço técnico e outras.

4.2 Estatísticas descritivas da produção científica *per capita*

Nesta seção, são apresentadas informações básicas sobre os dados de produção científica *per capita* dos pesquisadores. Isto é, a fim de mitigar os problemas de dupla contagem na produção científica o indicador de produção científica é calculado como o total da produção ao longo dos últimos cinco anos (de 2009 a 2013) dividido pelo número de autores do artigo.

No gráfico 1 e na tabela 7, são apresentadas as estatísticas descritivas da produção científica *per capita* para os 5.686 pesquisadores pertencentes às 1.756 infraestruturas de pesquisa. Como é possível observar, a produção científica dos pesquisadores é bastante desigual, seguindo a tendência apontada na literatura sobre produtividade científica. Mesmo em laboratórios, a princípio fortemente envolvidos em pesquisa, aproximadamente 5% dos pesquisadores não tiveram produção científica no último quinquênio. A média de produção é de 2,8 artigos por ano, sendo que os pesquisadores de maior produtividade publicam em torno de 7 a 10 artigos por ano, considerando o indicador *per capita*.

GRÁFICO 1
Histograma da variável dependente – quantidade de artigos produzidos dividida pelo número de coautores (2009-2013)

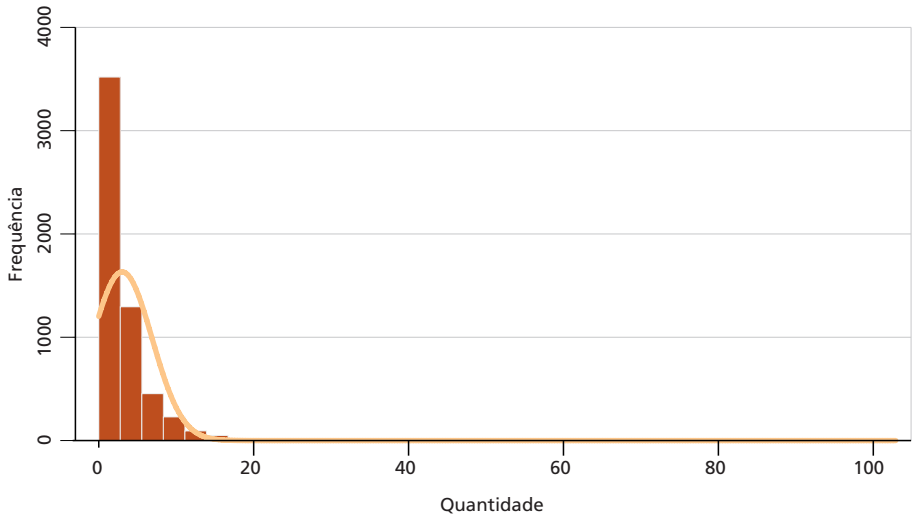


TABELA 7
Distribuição da produção científica *per capita*

	Porcentagens	menores		
1%	0,00	0,00		
5%	0,00	0,00		
10%	0,20	0,00	Observações	5.686
25%	0,75	0,00		
50%	1,951		Média	3,024
		Maiores	Desvio-padrão	3,865
75%	3,972	50,33		
90%	7,071	50,33	Variância	14,935
95%	9,718	77,03	Assimetria	6,7445
99%	15,833	102,90	Curtose	119,91

Na tabela 8, são apresentadas as estatísticas de produção *per capita* discriminadas segundo os agrupamentos produzidos pela análise de *cluster*. Como é possível perceber, o grupo 2, designado como *laboratórios de pesquisa e ensino*, é composto por laboratórios com os maiores índices de produtividade e também de desigualdade como apontam as estatísticas de assimetria e curtose. A média de artigos *per capita* é de 3,45 artigos, enquanto no grupo 1, que são os *laboratórios intensivos em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias*, a média de produção é de 2,52 artigos

per capita e do grupo 3, denominados laboratórios intensivos em pesquisa, a média é a menor com 2,15 artigos *per capita*. Verificada essa diferença de produtividade, é interessante observar se tal diferença persistirá quando condicionada às demais características observáveis dos pesquisadores e das infraestruturas de pesquisa.

TABELA 8
Estatísticas descritivas da produção científica *per capita* por ano, segundo os agrupamentos formados pelo método de *cluster* não hierárquico (2009-2013)

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Média	2,52	3,45	2,15
Desvio-padrão	2,87	4,55	2,62
Assimetria	2,87	5,60	2,90
Curtose	18,20	60,14	18,70
Observações	906	2.802	1.978

Elaboração dos autores.

O levantamento da Plataforma *Lattes* também disponibiliza a área do conhecimento de atuação do pesquisador. Dessa forma, a tabela 9 descreve como a quantidade *per capita* de artigos publicados está distribuída de acordo com as grandes áreas do conhecimento dos pesquisadores. Aqui também se optou pelo agrupamento na opção multiárea dos pesquisadores que atuaram em mais de um campo do conhecimento. Como pode ser observado, os cientistas do campo *multiárea* foram os que obtiveram a maior produtividade de artigos publicados no período de 2009 a 2013 e produção *per capita* por ano, seguidos por ciências exatas e da terra, engenharias e ciências biológicas. Devido à baixa participação e produtividade ínfima dos pesquisadores nas áreas de ciências sociais aplicadas e ciências humanas, optou-se pela exclusão desses cientistas no momento das estimações dos modelos, tal como foi procedido com a análise de *cluster* para as infraestruturas.

TABELA 9
Distribuição da quantidade de artigos publicados, segundo a grande área do conhecimento de atuação dos pesquisadores com título de doutorado obtido até 2009 (2009-2013)

Grande área	Quantidade de artigos *per capita*/ano
Ciências exatas e da terra	212,82
Ciências biológicas	106,87
Engenharias	135,40
Ciências da saúde	46,87
Ciências agrárias	74,24
Ciências sociais aplicadas	0,57
Ciências humanas	0,83
Multiáreas	2.861,80
Total	**3.439,4**

Elaboração dos autores.

Por fim, como estratégia para determinar a idade de pesquisa do cientista, utilizou-se a diferença entre o ano de 2013 e a variável que determina o ano de obtenção do título de doutorado. A partir disso, possibilitou-se a criação de quatro faixas de idade de pesquisa, conforme discriminado na tabela 10.

TABELA 10
Quantidades bruta, média e *per capita* de artigos publicados de acordo com a faixa de idade de obtenção do título de doutorado dos pesquisadores (2009-2013)

Faixas de idade	Média anual de artigos *per capita* (D)
De 34 a 51	150,04
De 24 a 33	551,60
De 14 a23	1.388,81
De 4 a 13	1.348,95
Total	**3.439,40**

Elaboração dos autores.

A análise por categorização das faixas de idade de pesquisa evidencia que os pesquisadores entre 24 e 33 anos de doutorado, ou seja, aqueles que obtiveram o título no período de 1980 e 1989, possuem a maior média anual de artigos publicados (4,2), enquanto os mais novos (4 a 13 anos) – doutorado obtido entre 2009 e 2000 – são os que apresentaram as menores taxas médias anuais de produção científica (2,1). Por seu turno, quando se observa a produtividade *per capita* dos pesquisadores (coluna D), nota-se que a superioridade produtiva é dos cientistas que obtiveram o doutorado entre 1990 e 1999 (14 a 23 anos) com 1.388,81 artigos no quinquênio, ao passo que os mais experientes – título obtido entre 1962 e 1979 – mostraram-se com produtividade inferior aos demais (150,04).

5 RESULTADOS ECONOMÉTRICOS

A fim de investigar detidamente os diversos aspectos determinantes da produtividade científica dos pesquisadores e destacar a importância das variáveis representativas das características das infraestruturas de pesquisa, serão apresentados os resultados para as estimações de duas versões do modelo geral (2) com as seguintes especificações: *i)* modelo com características observáveis dos pesquisadores somada à variável representativa dos agrupamentos de laboratórios; e *ii)* modelo com características observáveis dos pesquisadores e dos laboratórios.

5.1 Modelos com características observáveis dos pesquisadores e grupos de laboratórios

Na primeira regressão realizada para todo o conjunto amostral, adicionou-se o regressor representativo da produção científica do pesquisador no quinquênio anterior, artigos *per capita* (-1), a fim de captar a característica de trajetória

dependente da produção científica (tabela 11). Esta variável se mostra estatisticamente significante em um nível de significância de 1%, com um coeficiente em torno de 0,7. A categoria de referência para análise desses modelos são os pesquisadores pertencentes ao *cluster* 1, da área de ciências exatas e da terra, da geração de pesquisas entre 1962 e 1979 e da região Sudeste.

Quando controlados pelos determinantes individuais da produtividade científica, os laboratórios intensivos em pesquisa e ensino (grupo 2) têm pesquisadores com produtividade científica 6,92% superior à categoria de referência (laboratórios intensivos em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias), enquanto os pesquisadores pertencentes aos laboratórios intensivos em pesquisa (grupo 3) são menos produtivos em média em -6,02% em relação à categoria de referência.

Percebe-se que a participação discente é um importante determinante da produtividade científica do pesquisador. Orientações de mestrado e doutorado são responsáveis pela elevação média da produtividade, com elasticidades de 0,09 e 0,07, respectivamente, enquanto a participação de pós-doutorandos também contribui para a elevação, com elasticidade de 0,06. A variável *dummy* que determina se um pesquisador trabalha em um ou mais laboratórios apresentou resultados significantes e positivos, inferindo-se que os cientistas mais produtivos realizam atividades em mais de uma infraestrutura. O exercício da função de coordenador gera impactos positivos e significativos na produção individual, devendo tal variável captar a senioridade do pesquisador e sua maior capacidade produtiva. Entretanto, o pesquisador que tem dedicação exclusiva ao laboratório é 5% menos produtivo que o pesquisador que trabalha em tempo parcial.

Entre as áreas de conhecimento do pesquisador, destacam-se as áreas de ciências da saúde (+ 23%) e multiárea (+ 7,5%), em relação à área de ciências exatas e da terra. Com relação aos efeitos geracionais, percebe-se que as gerações com formação mais recente (de 2000 a 2009, de 1990 a 1999) são mais produtivas que as gerações mais antigas (1962-1979).

As demais colunas mostram as estimações do modelo com características individuais do pesquisador discriminando pelos agrupamentos de laboratórios. No que tange ao componente autorregressivo da produção científica, os resultados são similares àqueles para a base. Os resultados discriminados por grupos para os impactos das orientações de mestrado e doutorado, o fato de o pesquisador ter dedicação exclusiva ao laboratório e ocupar a posição de coordenador apresentam-se todos estatisticamente significativos e com o mesmo sinal daqueles anteriormente apresentados, porém com algumas diferenças de magnitude em relação ao resultado médio proporcionado pela base geral, que usualmente distinguem ora o grupo 2, ora o grupo 3, dos demais.

As principais diferenças entre os resultados estão na importância da participação do pós-doutorando, que não se mostra presente no terceiro agrupamento (intensivo em pesquisa) e o impacto bem mais expressivo nesse mesmo grupo 3 do fato de o pesquisador trabalhar em mais de um laboratório (12,7% contra 8%, em média, nos outros grupos). Também quando discriminado, segundo os agrupamentos, a função de coordenador mostra-se um fator de maior impacto nos grupos 1 e 2 (17,2% e 13,8% contra 7,4%). Quanto às áreas científicas, destacam-se as áreas de ciências da saúde (38,5%) e multiáreas (9,3%) no segundo grupo de laboratórios, e a área de ciências agrárias (21,7%) no terceiro grupo (intensivos em pesquisa). Em relação aos pesquisadores que obtiveram doutorado entre 1962 e 1979, os pesquisadores com doutorado obtidos entre 1990 e 1999 apresentaram-se mais produtivas somente nos laboratórios classificados no grupo 2; e a geração de 2000 a 2009 mostrou-se mais produtiva em relação à geração mais velha dos grupos 1 e 2. No modelo para o agrupamento 3, os pesquisadores não apresentaram diferenciais de produtividade quando condicionados aos efeitos geracionais.

TABELA 11
Modelo Tobit: produtividade científica contra características do pesquisador

Variáveis individuais	Geral	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Quantidade de artigo (quinquênio anterior)	0.705***	0.708***	0.711***	0.698***
	(0.0111)	(0.0290)	(0.0158)	(0.0189)
Cluster 2	0.0692***			
	(0.0232)			
Cluster 3	-0.0602**			
	(0.0252)			
Dummy de dedicação exclusiva	-0.0544***	-0.114**	-0.0372*	-0.0601**
	(0.0163)	(0.0452)	(0.0217)	(0.0292)
Quantidade de orientandos de mestrado	0.0946***	0.111***	0.0788***	0.124***
	(0.00741)	(0.0162)	(0.00946)	(0.0167)
Quantidade de orientandos de doutorado	0.0764***	0.127***	0.0709***	0.0738***
	(0.0119)	(0.0377)	(0.0137)	(0.0273)
Quantidade de orientandos de pós-doutorado	0.0648**	0.0638***	0.0697**	
	(0.0255)	(0.0200)	(0.0299)	
Dummy de trabalha em apenas um laboratório	0.0969***	0.0731	0.0835***	0.127***
	(0.0172)	(0.0454)	(0.0245)	(0.0293)
Dummy de coordenador	0.119***	0.172***	0.138***	0.0784***
	(0.0164)	(0.0427)	(0.0230)	(0.0285)
Ciências biológicas	0.0353	0.0576	-0.00482	0.101
	(0.0438)	(0.134)	(0.0586)	(0.0752)
Engenharias	-0.0253	-0.198	0.0279	-0.0471

(Continua)

(Continuação)

Variáveis individuais	Geral	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
	(0.0451)	(0.160)	(0.0602)	(0.0753)
Ciências da saúde	0.234***	-0.0901	0.385***	0.0409
	(0.0831)	(0.235)	(0.0899)	(0.193)
Ciências agrárias	0.0952	-0.0791	0.0239	0.217**
	(0.0642)	(0.200)	(0.0884)	(0.102)
Multiárea	0.0754**	-0.0605	0.0932**	0.0895*
	(0.0309)	(0.0902)	(0.0427)	(0.0517)
De 24 a 33 anos	0.0667	0.116	0.0913	-0.0458
	(0.0508)	(0.132)	(0.0649)	(0.0984)
De 14 a 23 anos	0.152***	0.195	0.171***	0.0524
	(0.0483)	(0.123)	(0.0622)	(0.0922)
De 4 a 13 anos	0.176***	0.306**	0.210***	0.0227
	(0.0491)	(0.124)	(0.0638)	(0.0919)
Constante	0.182***	0.267*	0.191**	0.216**
	(0.0634)	(0.154)	(0.0794)	(0.105)
Sigma	0.571***	0.598***	0.539***	0.602***
	(0.00724)	(0.0213)	(0.00983)	(0.0119)
Observações	5,686	889	2,803	1,967

Obs.: 1. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.
2. Erros-padrões robustos em parênteses.

5.2 Modelo com características observáveis dos pesquisadores e dos laboratórios

Por fim, na tabela 12, apresenta-se a estimação do modelo que traz conjuntamente as variáveis correspondentes às características observáveis dos pesquisadores e dos laboratórios.

Como é possível observar no modelo geral, além do fator autorregressivo estatisticamente significante com coeficiente igual a 0,69, verifica-se um diferencial de média inferior para o grupo 3 de laboratórios (intensivos em pesquisa). Ou seja, quando são considerados todos os tipos de determinantes conjuntamente com a produção média dos laboratórios do grupo 2, ela não se difere significativamente da produção *per capita* dos laboratórios intensivos em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias grupo 1. Isto não significa dizer que a média de produtividade dos pesquisadores pertencentes a cada tipo de laboratório seja similar, mas sim que quando condicionados às demais variáveis que explicam a produtividade científica, inclusive as variáveis correspondentes às características das infraestruturas de pesquisa, as diferenças de produtividade *per capita* entre os grupos 1 e 2 desaparecem.

Os demais resultados relativos à orientação de alunos de pós-graduação permanecem válidos e bastante próximos ao primeiro modelo geral apenas com variáveis do pesquisador, o mesmo ocorre para as variáveis de coordenação e atuação em mais de um laboratório. Um resultado interessante é o coeficiente positivo e estatisticamente significante para o tamanho do laboratório em termos de pessoal. A literatura sobre o tema usualmente relaciona negativamente o tamanho do laboratório e a produção científica. Entretanto, isso é usualmente verificado em análises em que os condicionantes individuais dos pesquisadores não são observados. Aqui, entretanto, percebe-se que, quando considerados conjuntamente os atributos do pesquisador e a dimensão do laboratório, tem-se uma elasticidade positiva, ainda que baixa (0,0363).

Observa-se também na análise conjunta que a participação relativa dos estudantes é importante na determinação da produtividade científica do pesquisador, mesmo quando é descontada sua contribuição direta por meio de sua atuação de orientando. Esse é um fator importante ao denotar uma estrutura de laboratórios que é altamente dependente da participação de estudantes para a obtenção da produção científica. O coeficiente associado à porcentagem de estudantes nos laboratórios é de 0,21. Nos efeitos geracionais, observa-se que os pesquisadores com data de doutorado entre 1990 e 1999 apresentam um diferencial de produtividade de 16% em relação à geração de referência e os pesquisadores com data de doutorado entre 2000 e 2009 apresentam um diferencial de produtividade de 18% em relação à geração de referência.

Quando as estimações são realizadas discriminando-se pelos três grupos de laboratórios, podemos observar que a dependência temporal da produção científica é verificada para todos agrupamentos. O viés para baixo na produtividade causado pela dedicação exclusiva ao laboratório deixa ser verificado para os pesquisadores pertencentes ao segundo grupo. A contribuição dos estudantes de pós-graduação continua presente. Contudo, verifica-se um impacto significativo da estrutura com pós-doutorandos somente no segundo grupo de laboratórios, diferindo do resultado anterior. Outra observação se refere à participação de pesquisadores em mais de um laboratório, que produzia um impacto estatisticamente significativo em um nível de significância de 10% no modelo apenas com variáveis dos pesquisadores, para o grupo 1, agora deixa de ser estatisticamente significante nesse mesmo grupo.

De modo geral, os efeitos geracionais apontam que os doutores com formação mais recentes são mais produtivos que os doutores da primeira geração (1962-79). Entretanto, isso só é válido para todas as outras três gerações no caso do grupo 1 de laboratórios e no caso do grupo 2 para as gerações mais novas (1990-1999 e 2000-2009), enquanto no grupo 3 apenas não se verificam um diferencial de produtividade provocado por efeitos geracionais.

Com relação à idade do laboratório, embora fossem obtidos coeficientes estatisticamente significativos para as variáveis associadas à idade do laboratório no modelo para o grupo 1 de laboratórios que indicam uma trajetória de retornos marginais decrescentes dos pesquisadores ligados a esses laboratórios, a influência positiva da idade do laboratório sobre a produtividade do pesquisador dura apenas os dois primeiros anos de vida da infraestrutura. A partir de então, passa a contribuir negativamente para sua produtividade. No segundo grupo de laboratórios, essa influência é crescente com a idade e com o tempo (0,0127 ao ano). Para os pesquisadores do terceiro grupo de laboratórios, não se verifica nenhuma influência da idade dos laboratórios sobre sua produtividade.

Com relação ao estoque do capital, somente foram encontradas elasticidades positivas e estatisticamente significantes nos modelos para os laboratórios dos grupos 1 e 3. No caso do grupo 1, somente é estatisticamente significante o coeficiente associado à variável de capital interada com a variável binária de qualidade (1 = boa qualidade), com elasticidade-capital igual 0,006. No modelo para o grupo 3, a contribuição do capital independe da avaliação de qualidade, com elasticidade igual a 0,0261. Para a variável de pessoal ocupado o mesmo ocorre com relação à significância, embora com coeficientes entre 0,0948 (grupo 1) e 0,0495 (grupo 3).

TABELA 12
Modelo Tobit: produtividade científica contra características do pesquisador e das infraestruturas

Variáveis	Geral	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Quantidade de artigo (quinquênio anterior)	0.693***	0.681***	0.698***	0.689***
	(0.0118)	(0.0319)	(0.0163)	(0.0206)
Cluster 2	0.00113			
	(0.0444)			
Cluster 3	-0.0445			
	(0.0457)			
Dummy de dedicação exclusiva	-0.0464***	-0.121**	-0.0111	-0.0716**
	(0.0175)	(0.0501)	(0.0237)	(0.0315)
Quantidade de orientandos de mestrado	0.0859***	0.0785***	0.0752***	0.111***
	(0.00764)	(0.0177)	(0.00957)	(0.0181)
Quantidade de orientandos de doutorado	0.0708***	0.112***	0.0689***	0.0767***
	(0.0123)	(0.0381)	(0.0140)	(0.0289)
Quantidade de orientandos de pós-doutorado	0.0657**	0.0380	0.0680**	
	(0.0283)	(0.0359)	(0.0314)	
Dummy de trabalha em apenas um laboratório	0.101***	0.0647	0.0657***	0.159***
	(0.0180)	(0.0495)	(0.0249)	(0.0312)

(Continua)

(Continuação)

Variáveis	Geral	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Dummy de coordenador	0.135***	0.201***	0.146***	0.0997***
	(0.0181)	(0.0481)	(0.0248)	(0.0317)
De 24 a 33 anos	0.0736	0.286*	0.0870	-0.0577
	(0.0539)	(0.157)	(0.0674)	(0.0976)
De 14 a 23 anos	0.159***	0.354**	0.153**	0.0522
	(0.0530)	(0.153)	(0.0670)	(0.0946)
De 04 a 13 anos	0.177***	0.455***	0.176**	0.0245
	(0.0541)	(0.155)	(0.0684)	(0.0959)
Log da idade do laboratório	0.0240	0.200**	-0.0579	0.0237
	(0.0304)	(0.102)	(0.0405)	(0.0542)
Log da idade do laboratório^2	-0.00423	-0.0540**	0.0127*	-0.00600
	(0.00630)	(0.0233)	(0.00756)	(0.0123)
Desvio-padrão da idade de doutorado	0.00437*	0.0110	-0.000517	0.00473
	(0.00260)	(0.00681)	(0.00377)	(0.00445)
Log da média do valor do CF	-0.00450	-0.0207	-0.00986	0.0261*
	(0.00720)	(0.0176)	(0.00935)	(0.0155)
Log da interação valor do CF e qualidade	0.00167	0.00670**	0.00171	-0.00243
	(0.00126)	(0.00322)	(0.00167)	(0.00245)
Log da quantidade total de pessoal	0.0363***	0.0948**	0.0248	0.0495*
	(0.0137)	(0.0401)	(0.0189)	(0.0261)
Porcentagem do total de técnicos	-0.0176	-0.128	-0.116	0.0518
	(0.0746)	(0.184)	(0.127)	(0.113)
Porcentagem do total de estudantes	0.210***	0.100	0.105	0.270**
	(0.0693)	(0.195)	(0.111)	(0.108)
Constante	-0.0413	-0.301	0.280*	-0.464**
	(0.126)	(0.321)	(0.165)	(0.230)
Sigma	0.559***	0.578***	0.533***	0.576***
	0.559***	(0.0222)	(0.0101)	(0.0127)
Observações	(0.00760)	793	2,709	1,640

Obs.: 1. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.
2. Erros-padrões robustos em parênteses.

6 CONCLUSÃO

Este capítulo procurou identificar a influência das infraestruturas de pesquisa sobre a produtividade científica de pesquisadores brasileiros. Para isso fez uso de uma base de dados inédita com informações relativas às infraestruturas de pesquisa no Brasil e dados de seus pesquisadores.

Inicialmente, foi estabelecida uma classificação dessas infraestruturas em três grupos que se distinguem, principalmente, pela intensidade com que desenvolvem atividades de pesquisa, ensino, desenvolvimento de tecnologias e prestação de serviços tecnológicos, áreas científicas e composição do capital humano. Como foi observado, os laboratórios do grupo 1 atuam em mais de uma área científica e são também desenvolvedores de tecnologias. Os pesquisadores do grupo 2 estão mais fortemente associados às áreas de engenharias e biologia, enquanto os do grupo 3 estão mais presentes nas áreas de engenharias e ciências exatas e da terra. Nesse sentido, em termos do escopo das atividades executadas pelos laboratórios, é possível dizer que o grupo de laboratório com maior escopo de atividades é aquele pertencente ao segundo grupo de laboratórios, e por último os laboratórios intensivos em pesquisa.

Os resultados demonstraram que, além dos determinantes individuais da produtividade científica, as características dos laboratórios têm diferentes influências sobre a produtividade científica, dependendo da categoria de laboratório analisada. Observou-se que a produtividade científica nos laboratórios do grupo 1 e 3 são mais dependentes do tamanho do laboratório, enquanto para o segundo grupo esse fator não tem relevância.

Também no que concerne à estrutura organizacional, além da presença de estudantes que se mostram relevantes em todos os casos, e parece ser uma das principais bases para a produção científica das infraestruturas de pesquisa no Brasil, o papel dos pós-doutorandos nessa estrutura organizacional é determinante, principalmente, nos laboratórios do grupo 2. Um fato que parece claro é que os laboratórios *intensivos em pesquisa* (grupo 3) são os mais dependentes da produção dos estudantes e com menos determinantes de produtividade relacionados às características da infraestrutura de pesquisa. Além disso, composições de capital humano com maior porcentagem de técnicos parece estar negativamente relacionada à produtividade científica dos pesquisadores nos laboratórios do grupo 1 e 2.

Além disso foram obtidas evidências a favor da complementariedade geracional como estimulante da produtividade científica individual e de diferentes efeitos geracionais dependendo das categorias de infraestrutura de pesquisa. Os pesquisadores, pertencentes ao primeiro grupo de infraestruturas (*intensivos em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias*) têm um nível de produtividade científica intermediária, com média de publicação *per capita* de 2,52 artigos por ano. Os pesquisadores do segundo grupo, denominado como *laboratórios intensivos em pesquisa e ensino,* têm média de publicação *per capita* anual de 3,45 artigos, enquanto os pesquisadores pertencentes ao terceiro grupo, denominado *intensivos em pesquisa*, têm média de publicação *per capita* anual de 2,15 artigos.

A análise condicional às características observáveis dos pesquisadores ainda permite observar uma diferença na produtividade científica entre os grupos, 6,92% dos pesquisadores do segundo grupo são mais produtivos que os pesquisadores pertencentes ao primeiro grupo, enquanto os pesquisadores pertencentes ao terceiro grupo são 6% menos produtivos que os pesquisadores do primeiro grupo. Esse primeiro resultado indica, portanto, o diferencial médio de produtividade entre os laboratórios, desconsiderando-se o condicionamento às características particulares dos laboratórios.

Apesar disso, quando são consideradas as variáveis representativas das características dos laboratórios, o diferencial de produtividade entre os grupos 1 e 2 desaparece, restando apenas o diferencial negativo de produtividade do grupo 3. Não por acaso, este último grupo é aquele com menor escopo de atividade e com os determinantes da produtividade científica menos relacionados às características dos laboratórios. Nesse sentido, é possível concluir que tanto o escopo de atividades quanto o estoque de recursos físicos, que se determinam simultaneamente, também são determinantes da produtividade científica dos pesquisadores, sendo então responsáveis também por seus diferenciais de produtividade.

REFERÊNCIAS

ALLISON, P. D.; LONG, J. S. Departmental effects on scientific productivity. **American Sociological Review**, v. 55, n. 4, p. 469-478, 1990.

BONACCORSI, A.; DARAIO, C. **The organization of science**. Size, agglomeration and age effects in scientific productivity. *In*: PROCEEDING OF THE CONFERENCE RETHINKING SCIENCE POLICY: analytical frameworks for evidence-based policy. Brighton: SPRU 21-23 March. 2002.

CARAYOL, N.; MATT, M. The exploitation of complementarities in scientific production process at the laboratory level. **Technovation**, v. 24, n. 6, p. 455-465, 2004.

_____. Individual and collective determinants of academic scientists' productivity. **Information Economics and Policy**, v. 18, n. 1, p. 55-72, 2006.

COLE, J. R.; COLE, S. **Social stratification in science**. Chicago: University of Chicago Press, 1973.

COLE, S. Age and scientific performance. **American Journal of Sociology**, v. 84, n. 4, p. 958-977, Jan. 1979.

FOX, M. Research, teaching, and publication productivity: mutuality versus competition in academia. **Sociology of education**, v. 65, n. 4, p. 293-305, Oct. 1992.

GONZALEZ-BRAMBILA, C.; VELOSO, F.; KRACKHARDT, D. The impact of network embeddedness on research output. **Research Policy**, v. 42, n. 9, p. 1555-1567, 2013.

GLÄNZEL, W.; SCHUBERT, A. Double effort = double impact? A critical view at international co-authorship in chemistry. **Scientometrics**, v. 50, n. 2, p. 199-214, 2001.

LI, E. Y.; LIAO, C.; YEN, H. Co-authorship networks and research impact: A social capital perspective. **Research Policy**, v. 42, n. 9, p. 1515-1530, 2013.

LOTKA, A. The frequency distribution of scientific productivity. **Journal of Washington Academy Sciences**, 1926.

MAIRESSE, J.; TURNER, L. **Measurement and explanation of the intensity of co-publication in scientific research**: an analysis at the laboratory level. Massachusetts: NBER, 2005. (Working Paper, n. 11739).

NARIN, F.; HAMILTON, K.; OLIVASTRO, D. The increasing linkage between US technology and public science. **Research Policy**, v. 26, n. 3, p. 317-330, 1997.

PRICE, D. J.; BEAVER, D. Collaboration in an invisible college. **American Psychologist**, Washington, v. 21, n. 11, p. 1011, 1966.

RENCHER, A. C. Cluster analysis. **Methods of multivariate analysis**. 2nd ed. 2002. p. 451-503.

STEPHAN, P. **How economics shapes science**. Cambridge: Harvard University Press, 2012.

APÊNDICE A

TABELA A.1
Teste de regressão multivariada

Variáveis	Observações	Parms	RMSE	"R-sq"	F	p-valor	
perc_dedicacao_exclusiva	1.756	3	0,4323	0,0131	11,6366	0,0000	
perc_doutorado	1.756	3	0,3027	0,0761	72,1910	0,0000	
perc_mestrado	1.756	3	0,2102	0,0435	39,8858	0,0000	
perc_estud_doutorado	1.756	3	4,4759	0,3586	490,0773	0,0000	
perc_pesq_visit	1.756	3	0,0996	0,0052	4,6175	0,0100	
perc_pesq_estrang	1.756	3	0,1402	0,0070	6,1399	0,0022	
lUCF	1.756	3	1,6915	0,0038	3,3084	0,0368	
grande_area_	1.756	3	1,7223	0,7126	2.173,2630	0,0000	
sem_cooperacao	1.756	3	0,3077	0,0593	55,2053	0,0000	
ativ_ensino_	1.756	3	0,9117	0,0058	5,1198	0,0061	
ativ_pesq_	1.756	3	0,5004	0,0370	33,7186	0,0000	
ativ_tecno_	1.756	3	1,0615	0,0013	1,1642	0,3124	
ativ_ext_tecno_	1.756	3	1,3097	0,0012	1,0224	0,3600	
ativ_serv_tecno_	1.756	3	1,2517	0,0044	3,8643	0,0212	
ativ_outra_	1.756	3	0,3501	0,0006	0,5224	0,5932	
		Coef.	Std. Err.	t	P>|t|	[95% Interv.	Conf.
	2	-0,0099	0,0314	-0,3100	0,7530	-0,0715	0,0518
perc_dedicacao_exclusiv	3	-0,1061	0,0299	-3,5500	0,0000	-0,1647	-0,0475
	_cons	0,5868	0,0261	22,5100	0,0000	0,5356	0,6379
	2	0,1050	0,0220	4,7700	0,0000	0,0619	0,1482
perc_doutorado	3	-0,0871	0,0209	-4,1600	0,0000	-0,1281	-0,0461
	_cons	0,8051	0,0183	44,1100	0,0000	0,7693	0,8409
	2	-0,0710	0,0153	-4,6400	0,0000	-0,1010	-0,0410
perc_mestrado	3	0,0277	0,0145	1,9100	0,0560	-0,0008	0,0562
	_cons	0,1333	0,0127	10,5200	0,0000	0,1084	0,1581
	2	5,7881	0,3255	17,7800	0,0000	5,1497	6,4265
perc_estud_doutorado	3	-1,5253	0,3094	-4,9300	0,0000	-2,1321	-0,9185
	_cons	2,2582	0,2699	8,3700	0,0000	1,7288	2,7876
	2	-0,0078	0,0072	-1,0700	0,2840	-0,0220	0,0064
perc_pesq_visit	3	-0,0189	0,0069	-2,7400	0,0060	-0,0324	-0,0054
	_cons	0,0356	0,0060	5,9200	0,0000	0,0238	0,0474

(Continua)

(Continuação)

		Coef.	Std. Err.	t	P>|t|	[95% Interv.	Conf.
perc_pesq_estrang	2	0,0057	0,0102	0,5600	0,5780	-0,0143	0,0257
	3	-0,0193	0,0097	-1,9900	0,0470	-0,0383	-0,0002
	_cons	0,0646	0,0085	7,6400	0,0000	0,0480	0,0812
lUCF	2	-0,1097	0,1230	-0,8900	0,3730	-0,3510	0,1316
	3	0,1194	0,1169	1,0200	0,3080	-0,1100	0,3487
	_cons	9,2213	0,1020	90,4000	0,0000	9,0213	9,4214
grande_area_	2	-7,1468	0,1253	-57,0600	0,0000	-7,3925	-6,9011
	3	-7,6288	0,1191	-64,0800	0,0000	-7,8623	-7,3953
	_cons	10,2509	0,1039	98,7000	0,0000	10,0472	10,4546
sem_cooperacao	2	-0,0407	0,0224	-1,8200	0,0690	-0,0846	0,0032
	3	0,1240	0,0213	5,8300	0,0000	0,0823	0,1658
	_cons	0,0655	0,0186	3,5300	0,0000	0,0291	0,1018
ativ_ensino_	2	-0,1650	0,0663	-2,4900	0,0130	-0,2950	-0,0349
	3	-0,0258	0,0630	-0,4100	0,6820	-0,1494	0,0978
	_cons	1,5418	0,0550	28,0400	0,0000	1,4340	1,6496
ativ_pesq_	fk3						
	2	-0,0883	0,0364	-2,4300	0,0150	-0,1596	-0,0169
	3	0,1267	0,0346	3,6600	0,0000	0,0589	0,1945
	_cons	1,0982	0,0302	36,3900	0,0000	1,0390	1,1574
ativ_tecno_	fk3						
	2	-0,1157	0,0772	-1,5000	0,1340	-0,2671	0,0357
	3	-0,0650	0,0734	-0,8900	0,3750	-0,2089	0,0789
	_cons	1,2545	0,0640	19,6000	0,0000	1,1290	1,3801
ativ_ext_tecno_	fk3						
	2	-0,0516	0,0953	-0,5400	0,5880	-0,2384	0,1353
	3	-0,1182	0,0905	-1,3100	0,1920	-0,2957	0,0594
	_cons	1,1673	0,0790	14,7800	0,0000	1,0124	1,3222
ativ_serv_tecno_	2	-0,0648	0,0910	-0,7100	0,4770	-0,2433	0,1137
	3	-0,2051	0,0865	-2,3700	0,0180	-0,3748	-0,0354
	_cons	1,3855	0,0755	18,3600	0,0000	1,2374	1,5335
ativ_outra_	2	-0,0212	0,0255	-0,8300	0,4060	-0,0711	0,0288
	3	-0,0245	0,0242	-1,0100	0,3120	-0,0719	0,0230
	_cons	0,0873	0,0211	4,1300	0,0000	0,0459	0,1287

Fonte: Software Stata.

CAPÍTULO 11

A PRESENÇA DE CONHECIMENTO COM PERFIL INOVADOR NAS INFRAESTRUTURAS CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS NO BRASIL[1]

Pedro Miranda[2]
Graziela Zucoloto[3]

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho tem por objetivo avaliar o grau de concentração de *conhecimento com perfil inovador*, mensurado a partir de estatísticas de patentes, em infraestruturas de pesquisa de instituições de ciência e tecnologia. Tal avaliação será realizada a partir de características destas infraestruturas, como porte, idade, concentração regional, natureza da atividade e grau de interação com o setor produtivo.

A abordagem sistêmica da inovação considera que os processos de produção, difusão e uso de ciência, tecnologia e inovação são influenciados, simultaneamente, por fatores organizacionais, institucionais e econômicos. De acordo com este referencial, as empresas não inovam de forma independente, mas atuam em redes de relações com outras empresas e com a infraestrutura de pesquisa pública e privada, presente em universidades e institutos de pesquisa, que são influenciadas pelos aspectos legais, sociais e econômicos vigentes. Desse modo, as universidades e os institutos de pesquisa aparecem como um dos pilares na geração de novos conhecimentos, incluindo aquele com maior possibilidade de gerar articulação com o setor produtivo, que neste trabalho denominamos de *conhecimento de perfil inovador*.

Nesse sentido, iniciativas que contribuam para aprofundar a interação das instituições de ciência e tecnologia com o setor produtivo, as quais caracterizam as atividades empreendedoras desenvolvidas por instituições dedicadas à pesquisa, ganham importância. Tais iniciativas englobam, entre outras, aquelas que estimulem a transferência direta de conhecimento ao setor privado, o patenteamento e licenciamento de tecnologias, a criação de centros de pesquisa aplicada, a implementação de parques tecnológicos, a prestação de serviços para empresas e a criação de empresas por parte de pesquisadores (Brennan e McGowan, 2006). Além dessas

1. Este capítulo se constitui em uma versão revisada e ampliada do artigo publicado no Boletim Radar 37. Os autores agradecem a Debora Luzia Penha pela colaboração no tratamento dos dados.

2. Técnico de planejamento e pesquisa da Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação, Regulação e Infraestrutura (Diset) do Ipea.

3. Técnica de planejamento e pesquisa da Diset do Ipea.

iniciativas, atividades de consultoria, contratos de pesquisa, projetos científicos em larga escala, troca de pesquisadores entre instituições estão entre as atividades associadas ao empreendedorismo acadêmico (Yusof e Jain, 2010).

Como mencionado antes, parte considerável das infraestruturas de pesquisa está vinculada a universidades. Associado às missões tradicionais de ensino e pesquisa, o desenvolvimento econômico e social passou também a ser visto como função das universidades, as quais passaram a atuar na transferência de conhecimento para a sociedade e, mais especificamente, para o mercado (Etzkowitz, 2003; Garnica e Torkomian, 2009). Como apontam O'Shea *et al*. (2004), configuram-se como determinantes de atividades de *spin-off* das universidades aspectos individuais dos pesquisadores, como a habilidade e disposição para assumir uma postura empreendedora; aspectos institucionais, como a presença de uma cultura empreendedora que não apenas aprove, mesmo que de forma tácita, o comportamento empreendedor, mas que o enxergue como elemento que reforça o *status* acadêmico do pesquisador; mas também características organizacionais, como a presença de incubadoras e escritórios dedicados à transferência tecnológica; e determinantes externos à infraestrutura de pesquisa, como a existência de fontes de financiamento para abertura de empresas e o arcabouço legal de amparo às atividades empreendedoras.

A aproximação entre as instituições de pesquisa e o setor produtivo vem sendo incentivada por políticas públicas em diversos países, fazendo com que a proteção jurídica dos resultados da pesquisa ganhe importância. Devido ao alto grau de especificidade e complexidade deste processo, foram criados arcabouços legais e estruturas organizacionais para gerenciar a propriedade intelectual e a transferência de tecnologia nessas instituições. Entre as legislações criadas para este fim, cabe destacar o *Bayh-Dole Act*, aprovado, em 1980, nos Estados Unidos, e que se tornou marco no debate sobre o patenteamento universitário e, no Brasil, a Lei de Inovação (Lei nº 10.973/2004).

As características das infraestruturas de pesquisa também são determinantes para o desempenho do empreendedorismo acadêmico. Como destacam Yosof e Jain (2010), o tal empreendedorismo está associado às próprias instalações acadêmicas, incorporado na prática de sua comunidade e de cada um de seus membros. Os inventores utilizam os recursos organizacionais disponíveis para organizar tais atividades empreendedoras, que ocorrem dentro das fronteiras das universidades e instituições de pesquisa. Desse modo, o empreendedorismo refletiria as características tanto das infraestruturas de tais instituições quanto de seus pesquisadores. Para Mazzoleni e Nelson (2007), as denominadas *tecnologias físicas* (infraestrutura) são essenciais na geração de conhecimento, desde que complementadas por *tecnologias sociais*, como educação e recursos humanos. Nesse sentido, os autores destacam a importância do fortalecimento das infraestruturas públicas de pesquisa para a promoção do desenvolvimento econômico.

No âmbito empresarial, observa-se que empresas de maior porte concentram esforços e apresentam estruturas mais robustas dedicadas a atividades de "pesquisa e desenvolvimento". Nota-se também que, mais do que a estrutura produtiva, a pesquisa e as inovações tecnológicas apresentam forte concentração regional. Alguns trabalhos (De Negri e Salerno, 2005; De Negri e Kubota, 2008) também consideram que a idade das firmas, *proxy* para sua maturidade, está positivamente correlacionada à presença de inovações tecnológicas. Outro fator relevante é a qualificação da mão de obra envolvida, que apresenta relação positiva com o desenvolvimento tecnológico. A cooperação entre instituições de pesquisa e empresas também estaria associada à presença de conhecimento com perfil inovador (IBGE, 2011).

Desse modo, este trabalho busca analisar se características análogas às observadas no setor privado também estão associadas à presença de conhecimento com perfil inovador nas infraestruturas de pesquisa.

Além desta introdução, o capítulo é composto por mais duas seções e suas considerações finais. A seção 2 trata dos aspectos metodológicos, e a seção 3 é dedicada à análise dos dados.

2 ASPECTOS METODOLÓGICOS

Nas infraestruturas de pesquisa, o conhecimento é majoritariamente divulgado a partir de artigos científicos. Entretanto, especialmente nas últimas décadas, as patentes vêm se destacando como forma de consolidação e divulgação deste conhecimento. Em especial, quando tal conhecimento representa uma invenção com potencial de se transformar em uma inovação – ou seja, de se transformar em um produto ou processo novo no mercado. Neste caso, os pesquisadores e suas respectivas instituições teriam maior interesse em patenteá-lo, dados os possíveis retornos gerados e a possibilidade de ver a invenção se transformar em algo útil à sociedade.[4] Desse modo, as patentes seriam um indicador da presença de *conhecimento com perfil inovador*.

Instituições de pesquisa possuem capacidade para gerar invenções, mas muitas vezes não têm condições (ou interesse) de realizar o trabalho de desenvolvimento e comercialização. Ao patenteá-las e licenciá-las, seriam ao mesmo tempo remuneradas pela invenção e permitiriam que ela se tornasse de fato uma inovação, com benefícios à sociedade. Dado que o processo de patenteamento envolve tempo e custo financeiro, as universidades e seus pesquisadores teriam interesse em patentear invenções com potencial de licenciamento e, portanto, maior probabilidade de gerar interesse do mercado. Além disso, o recebimento de *royalties* seria uma

4. Ressalta-se que a geração de patentes está incluída entre seus critérios de avaliação de produtividade dos pesquisadores. No Brasil, é um dos critérios levados em conta pelo CNPq para a concessão de bolsas de produtividade (CNPq, 2012).

maneira de remunerar o Estado pelo financiamento de tais invenções, evitando que fossem gratuitamente apropriadas por outras organizações.

Além disso, há ainda a possibilidade de pesquisadores deixarem de publicar artigos acadêmicos, ou retardarem tais publicações, até que o pedido da patente correlata seja realizado, atrasando a livre divulgação do novo conhecimento, dado que em muitos países a novidade expira no momento de divulgação da invenção. Em muitos casos, estas críticas não fazem sentido, dado que muitos países adotam o chamado *período de graça*, concessão de um prazo a partir da data de divulgação de uma invenção para seu autor depositar o pedido de patente. No Brasil, este período é de doze meses, e a divulgação deve ter sido promovida pelo inventor, pelo Instituto Nacional da Propriedade Industrial (Inpi) – sem o consentimento do inventor – ou por terceiros, baseada em informações obtidas do inventor – diretamente ou em decorrência de atos por ele realizados.[5]

Embora muitos estudos sobre empreendedorismo acadêmico deem ênfase às patentes e ao seu licenciamento, alguns trabalhos sugerem que as publicações, a troca de informações informais, o treinamento, as conferências e consultorias são canais de transferência de conhecimento ainda mais relevantes (Dias e Porto, 2013; Mazzoleni e Nelson, 2007). De fato, universidades e instituições de pesquisa produzem diversas invenções com potencial de mercado, e apenas parte dessas invenções será patenteada, dependendo do interesse e perfil dos pesquisadores e das condições de patenteamento existentes na própria universidade. Sabe-se ainda que alguns setores econômicos e atividades de pesquisa apresentam maior propensão ao patenteamento, portanto a relevância do indicador varia de acordo com a atividade analisada.

Apesar dessas limitações, as patentes ainda podem ser consideradas uma boa *proxy* para o conhecimento com perfil inovador gerado em tais instituições. A patente é valorizada como indicador tecnológico por ser uma medida relativamente homogênea, presente em grande número de países e disponível para diversos anos. E, em especial, no caso de instituições voltadas à pesquisa, nas quais a geração de invenções é uma atividade central, considera-se que aquelas que são patenteadas tendem a ser justamente as invenções com maior potencial de se transformar em inovações, ou seja, produtos ou processos novos para a sociedade.

A concessão de uma patente exige, entre outros, a existência de: *i)* novidade; *ii)* atividade inventiva ou que o objeto da patente não seja resultado óbvio do estado da técnica; e *iii)* utilidade industrial ou capacidade da tecnologia de modificar a natureza (Barbosa, 2010; OECD, 2009). Os dois primeiros pré-requisitos não deixam dúvidas

5. Entretanto, nem todos os países adotam o período de graça, enquanto outros o fazem por seis meses. Além disso, de acordo com Thursby e Thursby (2003), em alguns casos, o licenciamento universitário inclui cláusulas que não permitem a divulgação das informações por meio de artigos, e, em outros, se pede que a publicação em tais artigos seja postergada. Tais problemas tendem a ocorrer mais frequentemente em casos nos quais a empresa, e não o agente público, é a financiadora da pesquisa.

com relação à associação entre patente e conhecimento. Ao mesmo tempo, o terceiro circunscreve o conhecimento representado a um conjunto específico. Diferente do caso de artigos acadêmicos, o conhecimento objeto de patentes é exclusivamente aquele com potencial de aproveitamento pelo setor produtivo ou, ainda, com perfil inovador.

Dessa forma, as estatísticas de patentes se colocam como um indicador para caracterização de instituições científicas e tecnológicas (ICTs) com maior potencial de articulação com o setor produtivo e atuação no desenvolvimento tecnológico. Cabe ressaltar que os indicadores baseados em patentes estão sendo utilizados de forma alternativa à comumente adotada na literatura (Hall, 2009; OCDE, 2009; Nagaoka, Motohashi e Goto, 2010), em que as patentes representam a presença da atividade inventiva realizada nas instituições. Neste trabalho, as patentes são *proxy* para a presença do conhecimento patenteado, o qual pode ter sido gerado ou não na infraestrutura na qual se encontrava o pesquisador inventor no momento da pesquisa. Desse modo, não está sendo medida uma relação de causalidade entre as características da infraestrutura e a geração de conhecimento, mas sim se tais características estão associadas à concentração de conhecimento patenteado.

Desse modo, a mensuração do volume de conhecimento presente em cada uma das infraestruturas analisadas foi realizada por meio de estatísticas de patentes. Para a análise a seguir, foram utilizados os 1.054 pedidos de patentes depositados no Inpi, no período de 2007 a 2011, e que possuem entre seus inventores ao menos um pesquisador integrante da base Diretório de Instituições e Infraestruturas de Pesquisa (DIIP), detalhada no capítulo 1. A opção por concentrar a análise em período recente está associada à entrada em vigor da Lei de Inovação. Como mencionado antes, este foi um instrumento importante de incentivo à atividade de patenteamento nas instituições científicas. Além disso, ao não incorporar o portfólio de patentes completo dos pesquisadores, tal recorte temporal reduz um possível viés associado ao tempo de atividade desses.

Como apresenta a tabela 1, a DIIP possui em seus registros 1.760 infraestruturas, vinculadas a 129 instituições.[6] Essas infraestruturas integram 7.714 pesquisadores, dos quais oitocentos constam como inventores de ao menos um pedido de patente depositado no período de análise.[7] Esse último grupo está associado a 548 infraestruturas de 52 instituições.

6. A DIIP possui em seus registros informações de 2.119 infraestruturas. No entanto, nesta análise, foram consideradas apenas as 1.760 infraestruturas que realizam atividades de pesquisa nas áreas de ciências exatas e da terra, engenharias, ciências agrárias, ciências da saúde e ciências biológicas. Cada uma destas infraestruturas está vinculada a uma instituição, por exemplo, o Laboratório de Química de Materiais Avançados (Laqma) da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

7. Considerando todas as 2.119 infraestruturas da DIIP, a base possui um conjunto de 8.361 pesquisadores integrantes, sendo 883 apenas coordenadores, 5.762 apenas pesquisadores e 1.716 exercendo a função de coordenação e de pesquisa. No entanto, apenas 7.714 estão integrados às infraestruturas analisadas. Neste texto, o termo *pesquisador* designa também aqueles que aparecem na base exclusivamente como coordenadores, que foram os responsáveis pelo preenchimento dos questionários.

TABELA 1
Número de infraestruturas, instituições, pesquisadores e pesquisadores-hora por característica de patenteamento

Patenteamento	Número de infraestruturas	Número de instituições	Número de pesquisadores	Número de pesquisadores-hora	Número de patentes	Número de patentes/número de infraestruturas	Número patentes/número pesquisadores--hora
	(a)				(b)	(b)/(a)	(média)
Sim	548	52	800	764	591	1,08	0,30
Não	1.212	77	6.914	5.972	0	0,00	0,00
Total	**1.760**	**129**	**7.714**	**6.735**	**591**	**0,34**	**0,09**

Fonte: Dados da pesquisa e Inpi.
Elaboração dos autores.

Considerando que um pesquisador pode integrar mais de uma infraestrutura, o tamanho do corpo de pesquisadores de cada uma delas foi calculado de forma ponderada pela carga horária de dedicação do pesquisador, atribuindo-se o peso de um quarto a cada bloco de dez horas semanais.[8,9] Desta forma, à infraestrutura composta por quatro pesquisadores, dois com dedicação de *Até dez horas semanais* e dois com *Mais de vinte horas a trinta horas semanais*, será atribuído um conjunto de dois pesquisadores-hora (0,25 * 2 + 0,75 * 2 = 2). Como resultado, chegou-se a um total de 6.735 pesquisadores-hora, dos quais, 764, ou pouco mais de 11%, possuem patentes atribuídas (tabela 1).

A partir dessas informações, foi calculado o volume de patentes atribuído a cada uma das infraestruturas por meio da soma do número de patentes atribuídas a seus pesquisadores.[10] Considerando que a patente é resultado de um bloco de conhecimentos distribuídos entre seu conjunto de inventores, e que os pesquisadores podem fazer parte de diferentes infraestruturas, tal agregação foi feita: *i)* de forma fracionada, levando-se em conta o número de inventores que consta do registro de depósito do Inpi;[11] e *ii)* ponderada pela carga horária de trabalho declarada pelo pesquisador em cada infraestrutura.

8. A carga horária dedicada por cada pesquisador a uma infraestrutura está dividida em quatro faixas: *i)* até dez horas semanais; *ii)* mais de dez horas a vinte horas semanais; *iii)* mais de vinte horas a trinta horas semanais; e *iv)* mais de trinta horas semanais. Para o cálculo do número de pesquisador-hora, considerou-se o limite superior de cada uma das faixas, aplicando-se o valor 1 (um) à última faixa e para o caso de falta de informação.

9. Cabe ressaltar que 1.005 pesquisadores estão associados a mais de uma infraestrutura, muitas vezes com dedicação declarada a cada uma delas superior a trinta horas semanais. Com isso, a carga horária de um grupo de 428 pesquisadores ultrapassa sessenta horas semanais.

10. A identificação dos inventores e sua associação a cada uma das infraestruturas analisadas foi feita por meio do cruzamento das informações contidas na base de dados de depósito de patentes do INPI e da DIIP em duas etapas, inicialmente pelo número do CPF dos pesquisadores e, em seguida, por busca lexicográfica.

11. A contagem fracionada, em alternativa à duplicação de registros no caso de múltiplos depositantes ou inventores, vem sendo adotada de forma recorrente na literatura recente que utiliza estatísticas de patentes, sobretudo aquela dedicada à discussão de processos de internacionalização, como em Thomson (2013), Picci (2010) e OECD (2009).

Desse modo, se uma patente possui três inventores, *X*, *Y* e *Z*, a cada um deles será atribuído o valor de um terço. Se, em 2012, apenas os dois primeiros inventores integravam infraestruturas analisadas na DIIP, apenas dois terços desta patente serão computados na amostra.[12] Considerando que o inventor *X* integrou o corpo de pesquisa da infraestrutura *A*, com dedicação integral a ela (*mais de 30h semanais*) e *Y*, das infraestruturas, *B* e *C*, se dedicando a elas *Até dez horas semanais* e *Mais de vinte horas a trinta horas semanais*, respectivamente, esta patente será atribuída às infraestruturas da seguinte maneira: 1/3 * 1 = 1/3 para o portfólio de *A*, 1/3 * 1/4 = 1/12 para o portfólio de patentes de *B* e, 1/3 * 3/4 = 1/4 para *C*. No total, foram atribuídas 591 patentes, o que representa um número médio de 0,34 patente por infraestrutura analisada. Quando considerado o corpo de pesquisadores, a média do número de patentes por pesquisador-hora foi de 0,09 (tabela 1).

3 ICTS E A PRESENÇA DO CONHECIMENTO COM PERFIL INOVADOR

A análise da distribuição do conhecimento com maior potencial de aproveitamento pelo setor produtivo entre as infraestruturas será realizada de acordo com suas características, divididas em quatro blocos: características gerais; porte; natureza da atividade desenvolvida e grau de integração com outras instituições. Para cada uma das características analisadas, será apresentada a distribuição do número de patentes. Como esta pode ser influenciada pela distribuição do número de infraestruturas e também pelo tamanho do corpo de pesquisadores de cada infraestrutura, serão também apresentadas as médias do número de patentes por infraestrutura e por pesquisador-hora.

3.1 Características gerais

A distribuição do número de patentes, infraestrutura e pesquisador-hora por ano de início de operação da infraestrutura é apresentada na tabela 2. Se considerado o número absoluto de patentes, verifica-se uma elevada participação de infraestruturas inauguradas a partir de 1990, com 417 patentes, ou mais de 70% do total. Este fato, no entanto, pode estar associado ao número crescente de infraestruturas criadas em anos recentes, com mais da metade nos anos 2000 e 2010, como ressaltado por Squeff e De Negri (2014). Quando considerados os números de patente por infraestruturas e, sobretudo, a média do número de patentes por pesquisador-hora, os destaques ficam por conta das instituições que

12. Cabe ressaltar que este método de contagem subestima a presença de conhecimento em uma determinada infraestrutura uma vez que:

registra apenas patente de pesquisadores, deixando de lado a contribuição de seu pessoal de apoio; e

não computa o conhecimento resultante de projetos desenvolvidos no âmbito daquela infraestrutura e cujos inventores tenham deixado de integrar a equipe em 2012 – ano de realização da pesquisa –, mas que tenha sido repassado para demais integrantes da equipe ainda presentes.

começaram suas atividades nas décadas de 1970, 1980 e 1990. O número médio de patentes por infraestrutura apresentado pelas infraestruturas mais antigas chega a mais que o dobro daquele registrado pelas instituições mais recentes. A diferença também se observa mesmo quando considerada a quantidade de patentes por pesquisador-hora. Neste grupo, encontram-se as principais ICTs cujos quadros de pesquisadores integram inventores com maiores portfólios de patentes, como o Instituo de Pesquisas Enérgicas e Nucleares (Ipen), e o Instituto Nacional de Tecnologia (INT).

TABELA 2
Número de patentes, infraestruturas e pesquisadores-hora por ano de início da operação das infraestruturas

Ano	Número de patentes	Número de infraestruturas	Número de pesquisadores-hora	Número de pesquisadores-hora/número de infraestruturas	Número de patentes/número de infraestruturas	Número de patentes/número de pesquisadores-hora
	(a)	(b)	(c)	(c)/(b)	(a)/(b)	(média)
Antes de 1970	23	50	303	6,16	0,46	0,06
1970-1979	55	110	459	4,18	0,50	0,13
1980-1989	95	193	999	5,18	0,49	0,11
1990-1999	146	410	1.651	4,03	0,36	0,12
2000-2009	203	654	2.255	3,45	0,31	0,09
2010-2013	68	343	1.071	3,12	0,20	0,07
Total	**591**	**1.760**	**6.735**	**3,83**	**0,34**	**0,09**

Fonte: Dados da pesquisa e Inpi.
Elaboração dos autores.

Com relação à distribuição geográfica, às infraestruturas localizadas na região Sudeste estão atribuídas 430 patentes, ou seja, estas concentram mais de 72% do total de patentes depositadas no período 2007-2011 (tabela 3). Tal cifra poderia ser justificada pela elevada concentração de infraestruturas e de pesquisadores na região. No entanto, a presença mais elevada de conhecimento com perfil inovador no Sudeste é verificada mesmo quando controlada pelo número de infraestruturas ou quando observada a média do número de patentes por pesquisador. Cabe destacar, no entanto, que essa concentração é decorrente do desempenho do estado de São Paulo, único na região com indicadores da presença de conhecimento de perfil inovador acima dos valores médios nacionais. Nesta região, além do Ipen, citado anteriormente, destacam-se também as unidades vinculadas a duas universidades federais, a do Rio de Janeiro, UFRJ, e a de Minas Gerais, UFMG.

TABELA 3
Número de patentes, infraestruturas e pesquisadores-hora por localização geográfica das infraestruturas

Região	Número de patentes	Número de infraestruturas	Número de pesquisadores-hora	Número de pesquisadores-hora /número de infraestrutura	Número de patentes / número de infraestruturas	Número de patentes /número de pesquisadores-hora
	(a)	(b)	(c)	(c)/(b)	(a)/(b)	(média)
Sudeste	430	1.004	4.333	4,32	0,43	0,11
São Paulo	277	424	2.005	4,73	0,65	0,17
Minas Gerais	72	227	815	3,59	0,32	0,09
Rio de Janeiro	79	342	1.478	4,32	0,23	0,06
Espírito Santo	2	11	36	3,23	0,18	0,03
Sul	100	419	1.314	3,14	0,24	0,08
Nordeste	47	170	586	3,45	0,28	0,07
Norte	5	54	126	2,33	0,09	0,04
Centro-Oeste	9	113	377	3,33	0,08	0,03
Total	**591**	**1.760**	**6.735**	**3,83**	**0,34**	**0,09**

Fonte: Dados da pesquisa e Inpi.
Elaboração dos autores.

A distribuição do conhecimento com perfil inovador, de acordo com a avaliação que os coordenadores fizeram de suas infraestruturas, mostra que, do total de patentes, 344 ou 58% foram atribuídas a infraestruturas cuja capacidade técnica foi considerada avançada em relação aos padrões brasileiros (tabela 4). Este fenômeno ocorre apesar da maior parte das infraestruturas possuírem capacidade técnica considerada insuficiente ou similar à média brasileira. Com isso, o número de patentes do conjunto de infraestruturas com capacidade técnica compatível com a verificada no exterior é aproximadamente o triplo das instituições cuja capacidade técnica foi considerada insuficiente, quando considerada a medida por número de infraestruturas, e o dobro quando observado o valor médio de patentes por pesquisador-hora. Entre as instituições que possuem infraestruturas com capacidade técnica avançada e com expressivo portfólio de patentes, destaca-se, além das citadas, a Fundação Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações, CPqD, oriunda do antigo sistema Telebrás.

TABELA 4
Número de patentes, infraestruturas e pesquisadores-hora por capacidade técnica das infraestruturas

Capacidade técnica	Número de patentes	Número de infraestruturas	Número de pesquisadores-hora	Número de pesquisadores-hora/número de infraestrutura	Número de patentes/ número de infraestrutura	Número de patente/número de pesquisador-hora
	(a)	(b)	(c)	(c)/(b)	(a)/(b)	(média)
Avançada e compatível com a observada nas melhores infraestruturas do gênero no exterior	147	236	1.248	5,29	0,62	0,16
Avançada em relação aos padrões brasileiros, mas ainda distante da observada nas melhores infraestruturas do gênero no exterior	197	388	1.873	4,83	0,51	0,13
Adequada e compatível com a observada em outras infraestruturas do gênero no Brasil	162	722	2.512	3,48	0,23	0,06
Insuficiente em relação à observada em outras infraestruturas do gênero no Brasil	77	372	1.019	2,74	0,21	0,08
Não sabe	8	41	83	2,02	0,19	0,11
Não disponível	0	1	1	1,00	0,00	1,00
Total	**591**	**1.760**	**6.735**	**3,83**	**0,34**	**0,09**

Fonte: Dados da pesquisa e Inpi.
Elaboração dos autores.

3.2 Análise por porte

Como apontado pela literatura sobre a atividade inovativa do setor privado, o porte das organizações é uma característica relevante. A tabela 5 apresenta estatísticas de patentes por tamanho das infraestruturas, mensurado pela área (em m^2). Observa-se que a maior parte das infraestruturas é de pequeno porte: 71% apresentam até 200 m^2. Controlando o número de patentes pelo número de infraestruturas, nota-se a existência de uma relação crescente: enquanto infraestruturas de até 200 m^2 apresentam em média 0,27 patentes, as de 200 m^2 a 500 m^2 alcançam 0,39, e as infraestruturas acima de 500 m^2 concentram em média 0,77 patentes. Quando observado o número médio de patentes por número de pesquisadores, destacam-se somente as infraestruturas de 500 m^2 a 1.000 m^2.

TABELA 5
Número de patentes, infraestruturas e pesquisadores-hora por área física (m²) das infraestruturas

Área (m²)	Número de patentes	Número de infraestruturas	Número de pesquisadores-hora	Número de pesquisadores-hora/número de infraestrutura	Número de patentes/número de infraestruturas	Número de patentes/número de pesquisadores-hora
	(a)	(b)	(c)	(c)/(b)	(a)/(b)	(média)
]0 - 50]	120	477	1.312	2,75	0,25	0,10
]50 - 100]	128	462	1.436	3,11	0,28	0,10
]100 - 200]	90	311	1.165	3,75	0,29	0,09
]200 - 500]	80	207	1.002	4,84	0,39	0,10
]500 – 1.000]	67	86	515	5,99	0,77	0,13
>1.000	66	86	847	9,85	0,77	0,09
Não disponível	41	131	458	3,50	0,31	0,06
Total	**591**	**1.760**	**6.735**	**3,83**	**0,34**	**0,09**

Fonte: Dados da pesquisa e Inpi.
Elaboração dos autores.

O valor das infraestruturas é considerado um indicador adicional de seu porte. Observa-se que o número de patentes é decrescente em relação ao valor das infraestruturas. Entretanto, similarmente ao resultado observado na tabela anterior, quando controlado pelo número de infraestruturas e de pesquisadores, o número de patentes apresenta uma tendência crescente em relação aos valores analisados. Em especial, as infraestruturas com valores acima de R$ 20 milhões concentram, proporcionalmente, patenteamento mais expressivo. A exceção encontra-se em infraestruturas acima de R$ 200 milhões, nas quais apenas duas observações estão presentes na amostra, e às quais nenhuma patente está associada. Cabe ressaltar que a amostra utilizada é expressiva no caso de infraestruturas de menor valor (até R$ 20 milhões), enquanto apenas 21 declaram valer acima de R$ 20 milhões (tabela 6).[13]

13. Nesse grupo, estão unidades do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Ipen), da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPqD), do Centro Nacional de Pesquisas em Energia e Materiais (CNPEM) e do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe). Os dois últimos concentram as infraestruturas avaliadas em mais de R$ 200 milhões, o Laboratório de Integração e Testes (LIT/Inpe) e o Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS/CNPEM).

TABELA 6
Número de patentes, infraestruturas e pesquisadores-hora por valor das infraestruturas

Valor estimado da infraestrutura	Número de patentes	Número de infraestruturas	Número de pesquisadores-hora	Número de pesquisadores-hora/número de infraestruturas	Número de patentes/número de infraestruturas	Número de patentes/número de pesquisadores-hora
	(a)	(b)	(c)	(c)/(b)	(a)/(b)	(média)
Até R$ 500 mil	228	1.054	3.121	2,96	0,22	0,08
Acima de R$ 500 mil até R$ 1 milhão	95	301	1.204	4,00	0,32	0,10
Acima de R$ 1 milhão até R$ 3 milhões	123	222	987	4,44	0,55	0,15
Acima de R$ 3 milhões até R$ 5 milhões	39	73	396	5,42	0,54	0,09
Acima de R$ 5 milhões até R$ 10 milhões	44	55	400	7,27	0,81	0,12
Acima de R$ 10 milhões até R$ 20 milhões	19	33	328	9,93	0,59	0,06
Acima de R$ 20 milhões até R$ 30 milhões	21	11	99	9,00	1,91	0,20
Acima de R$ 30 milhões até R$ 50 milhões	3	2	17	8,65	1,37	0,17
Acima de R$ 50 milhões até R$ 100 milhões	6	2	6	2,75	2,76	0,77
Acima de R$ 100 milhões até R$ 200 milhões	13	4	63	15,83	3,27	0,24
Acima de R$ 200 milhões	0	2	114	57,00	0,00	0,00
Não disponível	0	1	1	1,00	0,00	0,00
Total	**591**	**1.760**	**6.735**	**3,83**	**0,34**	**0,09**

Fonte: Dados da pesquisa e Inpi.
Elaboração dos autores.

Uma terceira maneira de se estimar o porte das infraestruturas está associada ao número de pesquisadores que estas concentram. Neste caso, de acordo com a tabela 7, não se observa uma relação crescente entre a quantidade de pesquisadores-hora das infraestruturas e a de conhecimento com perfil inovador (patentes), quando medida pela média do número de patentes por pesquisador-hora. Todavia, as infraestruturas com maior participação de doutores entre seu corpo de pesquisadores apresentam maior concentração de conhecimento inovador, apesar destas não serem as infraestruturas que proporcionalmente apresentam maior número de pesquisadores (pesquisadores por infraestrutura) (tabela 8).[14] Portanto, mais que agregação numérica, a concentração de conhecimento inovador está associada à qualificação dos pesquisadores presentes nas infraestruturas.

14. Resultados no mesmo sentido foram obtidos quando ao corpo de pesquisadores é agregado o pessoal de apoio das infraestruturas, incluindo estudantes.

TABELA 7
Número de patentes, infraestruturas e pesquisadores-hora por tamanho do corpo de pesquisadores das infraestruturas

Quantidade de pesquisador-hora	Número de patentes	Número de infraestruturas	Número de pesquisadores-hora	Número de pesquisadores-hora/número de infraestruturas	Número de patentes/número de infraestruturas	Número de patentes/número de pesquisadores-hora
	(a)	(b)	(c)	(c)/(b)	(a)/(b)	(média)
0.25 - 1	12	278	224	0,80	0,04	0,05
1.25 - 5	339	1.119	3.088	2,76	0,30	0,11
5.25 - 10	122	263	1.878	7,14	0,47	0,07
10.25 - 20	109	87	1.163	13,36	1,26	0,09
> 20	8	13	383	29,48	0,63	0,03
Total	**591**	**1.760**	**6.735**	**3,83**	**0,34**	**0,09**

Fonte: Dados da pesquisa e Inpi.
Elaboração dos autores.

TABELA 8
Número de patentes, infraestruturas e pesquisadores-hora por participação de doutores no corpo de pesquisadores das infraestruturas

Participação do número de pesquisadores-hora com doutorado (%)	Número de patentes	Número de infraestruturas	Número de pesquisadores-hora	Número de pesquisador-hora/número de infraestruturas	Número de patentes/ número de infraestruturas	Número de patentes/número de pesquisadores-hora
	(a)	(b)	(c)	(c)/(b)	(a)/(b)	(média)
< 25	22	173	797	4,61	0,13	0,02
[25-50[	41	126	862	6,84	0,32	0,05
[50-75[	68	209	931	4,45	0,32	0,07
≥ 75	462	1.252	4.145	3,31	0,37	0,11
Total	**591**	**1.760**	**6.735**	**3,83**	**0,34**	**0,09**

Fonte: Dados da pesquisa e Inpi.
Elaboração dos autores.

3.3 Características da atividade

Além das características antes citadas, as especificidades da atividade desenvolvida pela infraestrutura também podem estar associadas ao perfil de conhecimento aglomerado por cada uma delas. Para esta etapa, serão considerados cinco atributos: o tipo de infraestrutura; a área do conhecimento às quais suas atividades estão associadas; o setor; e a natureza da atividade desenvolvida (ensino ou pesquisa) e das instituições às quais estão vinculadas.

A distribuição do número de patentes por tipo de infraestrutura (tabela 9) deixa clara a sua concentração em um tipo específico, o laboratório. Não se trata de uma surpresa, uma vez que entre 1.760 infraestruturas analisadas, este tipo representa a grande maioria, 1.719. No caso de patentes, a concentração é ainda mais elevada. Das 591 patentes consideradas, apenas duas são atribuídas a outro tipo de infraestrutura, planta ou usina- piloto. Cabe ressaltar que neste último grupo, no entanto, estão infraestruturas que possuem laboratórios de pesquisa entre suas unidades, como é o caso do Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Energia Autossustentável (NPDEAS) da Universidade Federal do Paraná (UFPR) e do Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (Cetene), uma unidade regional de pesquisa do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI).

TABELA 9
Número de patentes, infraestruturas e pesquisadores-hora por tipo de infraestrutura

Tipo	Número de patentes	Número de infraestruturas	Número de pesquisadores-hora	Número de pesquisadores-hora/número de infraestruturas	Número de patentes/número de infraestruturas	Número de patentes/número de pesquisadores-hora
	(a)	(b)	(c)	(c)/(b)	(a)/(b)	(média)
Laboratório	589	1.719	6.597	3,84	0,34	0,10
Planta ou usina-piloto	2	20	51	2,53	0,10	0,03
Observatório	-	12	44	3,63	-	0,00
Estação ou rede de monitoramento	-	8	31	3,91	-	0,00
Navio de pesquisa ou laboratório flutuante	-	1	13	12,80	-	0,00
Total	**591**	**1.760**	**6.735**	**3,83**	**0,34**	**0,09**

Fonte: Dados da pesquisa e Inpi.
Elaboração dos autores.

Com relação às áreas do conhecimento, observa-se que as engenharias, as ciências exatas e da terra e as biológicas são aquelas às quais se dedicam grande parte das infraestruturas e dos pesquisadores e que concentram maior número de patentes. No entanto, quando este último é controlado pelo número de infraestruturas ou de pesquisadores, destacam-se as infraestruturas dedicadas às engenharias.[15] Cabe ressaltar que as engenharias incluem áreas do conhecimento que fazem fronteira com as demais, tais como bioquímica e biotecnologia.

15. Das 1.760 infraestruturas, 317 desenvolvem atividades associadas a mais de uma área do conhecimento. Nestes casos, optou-se pela múltipla contagem dos registros.

TABELA 10
Número de patentes, infraestruturas e pesquisadores-hora por área do conhecimento de atividade das infraestruturas

Área do conhecimento	Número de patentes	Número de infraestruturas	Número de pesquisadores-hora	Número de pesquisadores-hora/número de infraestruturas	Número de patentes/número de infraestruturas	Número de patentes/número de pesquisadores-hora
	(a)	(b)	(c)	(c)/(b)	(a)/(b)	(média)
Engenharias	368	658	2.758	4,19	0,56	0,15
Ciências exatas e da terra	198	545	2.255	4,14	0,36	0,10
Ciências da saúde	50	143	631	4,41	0,35	0,07
Ciências biológicas	103	459	1.858	4,05	0,22	0,06
Ciências agrárias	36	277	915	3,30	0,13	0,04

Fonte: Dados da pesquisa e Inpi.
Elaboração dos autores.

Essas observações são reforçadas quando considerado o setor de atuação das infraestruturas. Como observado na tabela 11, as infraestruturas do setor de energias renováveis, aeronáutico, da construção civil, de petróleo e gás e de defesa – setores associados às áreas de engenharia – apresentaram um número médio de patente por infraestrutura ou por pesquisador-hora acima da média.

TABELA 11
Número de patentes, infraestruturas e pesquisadores-hora por setor de atuação das infraestruturas

Setor de atividade	Número de patentes	Número de infraestruturas	Número de pesquisadores-hora	Número de pesquisadores-hora/número de infraestruturas	Número de patentes/número de infraestruturas	Número de patentes/número de pesquisadores-hora
	(a)	(b)	(c)	(c)/(b)	(a)/(b)	(média)
Energias renováveis	76	100	455	4,55	0,76	0,14
Aeronáutico	74	204	930	4,56	0,37	0,10
Construção civil	77	179	680	3,80	0,43	0,10
Petróleo e gás	52	117	622	5,32	0,44	0,09
Defesa	13	44	168	3,82	0,30	0,09
Ciências da saúde	104	415	1.731	4,17	0,25	0,07
TICs	47	228	865	3,79	0,25	0,04
Ciências agrárias	34	284	899	3,17	0,12	0,04

Fonte: Dados da pesquisa e Inpi.
Elaboração dos autores.

Um quarto atributo que contribui para a caracterização das infraestruturas e está associado com a presença de conhecimento com perfil inovador é a natureza da atividade realizada, especificamente a intensidade de uso de suas instalações e equipamentos para atividades de pesquisa (tabela 12A) e tecnológicas (tabelas 12B). As atividades de pesquisa são realizadas de forma contínua por 1.421 infraestruturas, o que representa mais de 80% do número total. Este grupo concentra também grande parte dos pesquisadores e mais de 90% das 591 patentes analisadas. No caso das atividades tecnológicas, o mesmo fato se repete, embora não de forma tão intensa. A presença mais marcante de conhecimento com perfil inovador nestas infraestruturas fica ainda mais explícita quando observado o número de patentes por infra e o número médio de patentes por pesquisador-hora. Em ambos os casos, quanto mais intenso o uso das instalações para tais atividades, mais elevada é a presença de conhecimento com maior potencial de aproveitamento pelo setor produtivo.

TABELA 12
Número de patentes, infraestruturas e pesquisadores-hora por intensidade de uso das instalações e equipamentos das infraestruturas para as atividades de pesquisa e tecnológicas

12A – Atividade de pesquisa

Intensidade de uso	Número de patentes	Número de infraestruturas	Número de pesquisadores-hora	Número de pesquisadores-hora/número de infraestrutura	Número de patentes/ número de infraestruturas	Número de patentes/número de pesquisadores-hora
	(a)	(b)	(c)	(c)/(b)	(a)/(b)	(média)
Contínuo	532	1.421	5.823	4,10	0,37	0,10
Alguns dias da semana	26	150	466	3,10	0,18	0,08
Alguns dias do mês	4	61	160	2,62	0,06	0,02
Esporádico	1	49	100	2,05	0,02	0,00
Não disponível	29	79	187	2,37	0,36	0,08
Total	**591**	**1.760**	**6.735**	**3,83**	**0,34**	**0,09**

12B – Atividade tecnológica

Intensidade de uso	Número de patentes	Número de infraestruturas	Número de pesquisadores-hora	Número de pesquisadores-hora/número de infraestruturas	Número de patentes/ número de infraestruturas	Número de patentes/número de pesquisadores-hora
	(a)	(b)	(c)	(c)/(b)	(a)/(b)	(média)
Contínuo	329	620	3.035	4,90	0,53	0,15
Alguns dias da semana	51	151	524	3,47	0,34	0,12
Alguns dias do mês	45	129	473	3,66	0,35	0,09
Esporádico	71	301	1.004	3,33	0,24	0,06
Não disponível	94	559	1.700	3,04	0,17	0,05
Total	**591**	**1.760**	**6.735**	**3,83**	**0,34**	**0,09**

Fonte: Dados da pesquisa e Inpi.
Elaboração dos autores.

A associação da intensidade da dedicação das infraestruturas às atividades de pesquisa com a concentração de conhecimento de perfil inovador pode também ser verificada por meio da distribuição do volume de patentes de acordo com o tipo de instituição às quais estão vinculadas às infraestruturas. As instituições de pesquisa, como os institutos ligados ao MCTI, embora não estejam associadas à maior parcela do volume de patentes e do número de infraestruturas, são aquelas com maior concentração relativa de conhecimento de perfil inovador, 0,75 patente por infraestrutura e, em média, 0,20 por pesquisador-hora (tabela 13). Estes números são expressivamente mais elevados que aqueles verificados pelas infraestruturas vinculadas a instituições de ensino, como universidades e institutos de educação, e as outras, nas quais se encontram instituições como institutos de tecnologia e metrologia.

TABELA 13
Número de patentes, infraestruturas e pesquisadores-hora por tipo de instituição vínculo das infraestruturas

Tipo de instituição vínculo	Número de patentes	Número de infraestruturas	Número de pesquisadores-hora	Número de pesquisadores-hora/número de infraestruturas	Número de patentes/número de infraestruturas	Número de patentes/número de pesquisadores-hora
	(a)	(b)	(c)	(c)/(b)	(a)/(b)	(média)
Instituições de pesquisa	210	281	1.339	4,77	0,75	0,20
Instituições de ensino	325	1.297	4.618	3,56	025	0,08
Outros	56	182	779	4,28	0,31	0,05
Total	**591**	**1.760**	**6.735**	**3,83**	**0,34**	**0,09**

Fonte: Dados da pesquisa e Inpi.
Elaboração dos autores.

3.4 Interação com outras instituições

A interação com outras instituições é uma característica que se espera estar associada à presença mais forte de conhecimento com perfil inovador, sobretudo no caso de empresas, dado que estas são as instituições responsáveis por transformar invenções em produtos e processos novos ao mercado. Esta interação pode ser verificada tanto por meio de relações de cooperação, como pela presença de pesquisadores externos e pela prestação de serviço. No primeiro caso (tabela 14), os dados apontam uma elevada concentração do volume de patentes no conjunto de infraestruturas que interagem com empresas brasileiras, o inverso do caso da cooperação com empresas estrangeiras. No entanto, nos dois casos, trata-se de infraestruturas com maior número de pesquisadores e maior número médio de patentes por unidade e por pesquisador-hora. A cooperação com instituições de pesquisa, brasileiras ou estrangeiras, parece também estar associada à concentração de conhecimento de

perfil inovador. Porém, as diferenças entre os grupos de infraestruturas, no quesito cooperação, são menos acentuadas que no caso anterior, sobretudo quando observada a média do número de patentes por pesquisador-hora (tabela 15).

A associação entre a presença de conhecimento de perfil inovador e o grau de interação da infraestrutura é também evidenciada pela distribuição do volume de patentes de acordo com a presença de pesquisadores externos, seja de outras instituições de pesquisa ou de empresas. Como visto na tabela 16, em ambos os casos, infraestruturas que recebem usuários externos apresentam, em média, maior número de patentes, mesmo quando controlado pela quantidade pesquisador-hora. Infraestruturas que recebem pesquisadores externos de outras instituições de pesquisa concentram em média 0,48 patente e 0,12 patente por pesquisador, enquanto os números apresentados pelas demais foram, respectivamente, de 0,21 e 0,07. Esta diferença é ainda mais acentuada quando tais pesquisadores são provenientes de empresas.

TABELA 14
Número de patentes, infraestruturas e pesquisadores-hora por classificação da infraestrutura de acordo com a realização de atividade de cooperação com empresas, segundo a nacionalidade das empresas

14A – Com empresas brasileiras

Cooperação com empresas brasileiras	Número de patentes	Número de infraestruturas	Número de pesquisadores-hora	Número de pesquisadores-hora/número de infraestruturas	Número de patentes/ número de infraestruturas	Número de patentes/ número de pesquisadores-hora
	(a)	(b)	(c)	(c)/(b)	(a)/(b)	(média)
Sim	400	936	4.116	4,40	0,43	0,11
Não	191	824	2.619	3,18	0,23	0,08
Total	**591**	**1.760**	**6.735**	**3,83**	**0,34**	**0,09**

14B – Com empresas estrangeiras

Cooperação com empresas estrangeiras	Número de patentes	Número de infraestruturas	Número de pesquisadores-hora	Número de pesquisadores-hora/número de infraestruturas	Número de patentes/ número de infraestruturas	Número de patentes/ número de pesquisadores-hora
	(a)	(b)	(c)	(c)/(b)	(a)/(b)	(média)
Sim	205	435	2,127	4,89	0,47	0,12
Não	387	1.325	4,609	3,48	0,29	0,09
Total	**591**	**1.760**	**6,735**	**3,83**	**0,34**	**0,09**

Fonte: Dados da pesquisa e Inpi.
Elaboração dos autores.

TABELA 15

Número de patentes, infraestruturas e pesquisadores-hora por classificação da infraestrutura de acordo com a realização de atividade de cooperação com instituições, segundo a nacionalidade das instituições

15A – Com instituições brasileiras

Cooperação com instituições brasileiras	Número de patentes	Número de infraestruturas	Número de pesquisadores-hora	Número de pesquisadores-hora/número de infraestruturas	Número de patentes/número de infraestruturas	Número de patentes/número de pesquisadores-hora
	(a)	(b)	(c)	(c)/(b)	(a)/(b)	(média)
Sim	542	1.456	6.088	4,18	0,37	0,10
Não	49	304	647	2,13	0,16	0,07
Total	**591**	**1.760**	**6.735**	**3,83**	**0,34**	**0,09**

15B – Com instituições estrangeiras

Cooperação com instituições estrangeiras	Número de patentes	Número de infraestruturas	Número de pesquisadores-hora	Número de pesquisadores-hora/número de infraestruturas	Número de patentes/número de infraestruturas	Número de patentes/número de pesquisador-hora
	(a)	(b)	(c)	(c)/(b)	(a)/(b)	(média)
Sim	415	1.076	4.856	4,51	0,39	0,10
Não	177	684	1.879	2,75	0,26	0,09
Total	**591**	**1.760**	**6.735**	**3,83**	**0,34**	**0,09**

Fonte: Dados da pesquisa e Inpi.
Elaboração dos autores.

TABELA 16

Número de patentes, infraestruturas e pesquisadores-hora por classificação da infraestrutura de acordo com a utilização por pesquisadores externos, segundo sua origem, outras instituições de pesquisa ou empresas

16A – Utilização por pesquisadores de outras instituições de pesquisa

Pesquisadores de outras instituições	Número de patentes	Número de infraestruturas	Número de pesquisadores-hora	Número de pesquisadores-hora/número de infraestruturas	Número de patentes/número de infraestruturas	Número de patentes/número de pesquisadores-hora
	(a)	(b)	(c)	(c)/(b)	(a)/(b)	(média)
Sim	388	814	3.768	4,63	0,48	0,12
Não	203	946	2.968	3,14	0,21	0,07
Total	**591**	**1.760**	**6.735**	**3,83**	**0,34**	**0,09**

16B – Utilização por pesquisadores de empresas

Pesquisadores de empresas	Número de patentes	Número de infraestruturas	Número de pesquisadores-hora	Número de pesquisadores-hora/número de infraestruturas	Número de patentes/número de infraestruturas	Número de patentes/número de pesquisadores-hora
	(a)	(b)	(c)	(c)/(b)	(a)/(b)	(média)
Sim	211	321	1.617	5,04	0,66	0,15
Não	381	1.439	5.119	3,56	0,27	0,08
Total	**591**	**1.760**	**6.735**	**3,83**	**0,34**	**0,09**

Fonte: Dados da pesquisa e Inpi.
Elaboração dos autores.

A prestação de serviço, sobretudo a empresas, é um indicador adicional da articulação das infraestruturas com outras instituições. Desta forma, espera-se haver associação entre tal característica e a presença de conhecimento com perfil inovador. Os dados apresentados na tabela 17 mostram que mais de 80% das patentes analisadas (482 patentes) foram atribuídas ao grupo de 1.208 infraestruturas que prestaram algum tipo de serviço técnico (tabela 17A). Quando considerada a média do número de patente por infraestrutura e por pesquisador-hora, este grupo também se destaca. A diferença entre os dois grupos de infraestruturas é ainda maior quando considerada apenas a prestação de serviços a empresas (tabela 17B). Embora o número de infraestruturas seja inferior, o número de patentes que lhes foi atribuído (357) foi elevado. Neste caso, o número médio de patentes por infraestrutura é mais que o dobro daquele apresentado pelas demais, 0,48 *versus* 0,23, e a média do número de patentes por pesquisador-hora 28% maior, 0,11 *versus* 0,08.

TABELA 17
Número de patentes, infraestruturas e pesquisadores-hora por classificação das infraestruturas de acordo com a prestação de serviços técnicos em geral e a empresas

17A – Em geral

Prestação de serviços técnicos	Número de patentes	Número de infraestruturas	Número de pesquisadores-hora	Número de pesquisadores-hora/número de infraestruturas	Número de patentes/número de infraestruturas	Número de patentes/número de pesquisadores-hora
	(a)	(b)	(c)	(c)/(b)	(a)/(b)	(média)
Sim	482	1.208	5.106	4,23	0,40	0,10
Não	109	552	1.630	2,95	0,20	0,08
Total	591	1.760	6.735	3,83	0,34	0,09

17B – A empresas

Prestação de serviços técnicos a empresas	Número de patentes	Número de infraestruturas	Número de pesquisadores-hora	Número de pesquisadores-hora/número de infraestruturas	Número de patentes/número de infraestruturas	Número de patentes/número de pesquisadores-hora
	(a)	(b)	(c)	(c)/(b)	(a)/(b)	(média)
Sim	357	750	3.574	4,77	0,48	0,11
Não	234	1.010	3.162	3,13	0,23	0,08
Total	**591**	**1.760**	**6.735**	**3,83**	**0,34**	**0,09**

Fonte: Dados da pesquisa e Inpi.
Elaboração dos autores.

Para cada uma das características consideradas, foram realizados testes de diferença de média *(teste t)* entre as categorias destacadas no texto e as demais. Em geral, os resultados obtidos apontam para diferenças estatisticamente significativas, considerando um nível de significância de ao menos 10%, com exceção da área da infraestrutura (m^2), cooperação com instituições de pesquisa nacionais e estrangeiras e prestação de serviços técnicos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho avaliou o grau de concentração de *conhecimento com perfil inovador* em infraestruturas brasileiras de pesquisa, com base nas patentes depositadas no Inpi no período 2007-2011 por inventores que integram o quadro de pesquisadores de instituições de ciência e tecnologia.

A amostra utilizada neste trabalho conta com 1.760 infraestruturas, que integram 6.735 pesquisadores-hora, dos quais 764 constam como inventores de ao menos um pedido de patente. Estes inventores estão associados a 548 infraestruturas, e a eles foram atribuídos 591 pedidos de patentes.

Os resultados apontam que o conhecimento com perfil inovador está relativamente mais concentrado em infraestruturas com capacidade técnica considerada avançada em relação aos padrões brasileiros, localizadas na região Sudeste e que iniciaram suas operações nas décadas de 1970, 1980 e 1990. O porte das infraestruturas, sobretudo quando mensurado por seu valor, também se mostrou uma característica relevante na presença deste conhecimento. Como registrado no caso de empresas privadas, no caso das infraestruturas de pesquisa, quanto maior seu tamanho, maior a concentração de conhecimento com perfil inovador. Em relação aos pesquisadores, embora não tenha sido encontrada uma relação clara com o tamanho do quadro, a sua qualificação se mostrou relevante: proporcionalmente, o número de patentes por infraestrutura ou por pesquisadores é crescente à porcentagem de doutores no corpo de pesquisadores.

Em relação às demais características da infraestrutura, observou-se que os laboratórios, especialmente aqueles dedicados às engenharias, e que desenvolvem de forma contínua atividades de pesquisa e tecnológica, agregam um volume de conhecimento relativamente mais expressivo.

Finalmente, indo ao encontro da hipótese de que a presença de conhecimento com perfil inovador é fator associado à articulação das infraestruturas de pesquisa com outras instituições, os dados mostraram que infraestruturas que cooperam, que recebem pesquisadores externos ou prestam serviços, sobretudo a empresas, concentram este tipo de conhecimento.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, D. B. **Uma introdução à propriedade intelectual**. 2. ed. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2010. Disponível em: <http://goo.gl/s3YVRN>. Acesso em: 14 jul. 2013.

BRENNAN, M. C.; MCGOWAN, P. Academic entrepreneurship: an exploratory case study. **International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research**, v. 12, n. 3, p. 144-164, 2006.

CNPq – CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO. Resolução Normativa 021, de 18 de julho de 2012. Disponível em: <http://goo.gl/Qfxp8m>. Acesso em: 26 de mar. 2015.

DE NEGRI, J. A.; KUBOTA, L. C. **Políticas de incentivo à inovação tecnológica**. Brasília: Ipea, 2008.

DE NEGRI, J. A.; SALERNO, M. **Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras**. Brasília: Ipea, 2005.

DIAS, A. A.; PORTO, G. S. Gestão de transferência de tecnologia na Inova Unicamp. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 17, n. 3, p. 264-284, 2013.

ETZKOWITZ, H. Research groups as 'quasi-firms': the invention of the entrepreneurial university. **Research policy**, v. 32, n. 1, p. 109-121, 2003.

GARNICA, L. A; TORKOMIAN, A. L. V. Gestão de tecnologia em universidades: uma análise do patenteamento e dos fatores de dificuldade e de apoio à transferência de tecnologia no Estado de São Paulo. **Gestão & Producão**, v. 16, n. 4, p. 624-638, 2009.

HALL, B. **The use and value of IP rights**. Prepared for the UK IP Ministerial Forum on the economic value of intellectual property, 10 June 2009. California: University of California, 2009. Disponível em: <http://goo.gl/XwJQuu>. Acesso em: 17 nov. 2012.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa de Inovação Tecnológica (Pintec)**. Rio de Janeiro: IBGE; Finep; MCTI; MPOG, 2011. Disponível em: <http://goo.gl/Ts1SGk>.

NAGAOKA, S.; MOTOHASHI, K.; GOTO, A. Patent statistics as an innovation indicator. **Handbooks of the Economics of Innovation**, v. 2, p. 1083-1127, 2010.

MAZZOLENI, R.; NELSON, R. R. Public research institutions and economic catch-up. **Research policy**, v. 36, n. 10, p. 1512-1528, 2007.

OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Patent statistics Manual**. Paris: OECD, 2009.

O'SHEA, R. *et al*. Universities and Technology Transfer: a review of academic entrepreneurship literature. **Irish Journal of Management**, v. 25, n. 2, 2004.

PICCI, L. The internationalization of inventive activity: a gravity model using patent data. **Research Policy**, Amsterdam, v. 39, n. 8, p. 1070-1081, 2010.

SQUEFF, F. de H. S.; DE NEGRI, F. **Infraestrutura científica e tecnológica no Brasil**: análises preliminares. Brasília: Ipea, 2014. (Nota Técnica, n. 21)

THOMSON, R. National scientific capacity and R&D offshoring. **Research Policy**, Amsterdam, v. 42, n. 2, p. 517-528, 2013.

THURSBY, J. G.; THURSBY, M. C. **University licensing and the Bayh-Dole act**. Science, v. 301, n. 5636, p. 1052, Aug. 2003. Disponível em: <http://goo.gl/1iwG0n>.

YUSOF, M.; JAIN, K. K. Categories of university-level entrepreneurship: a literature survey. **International Entrepreneurship and Management Journal**, v. 6, n. 1, p. 81-96, 2010.

CAPÍTULO 12

SERVIÇOS TECNOLÓGICOS

Luis Fernando Tironi[1,2]

1 INTRODUÇÃO

A influência da presença da atividade empresarial enquanto absorvedora de serviços tecnológicos nas características e nos atributos das infraestruturas de pesquisa e desenvolvimento tecnológico pode ser observada direta ou indiretamente. É observada diretamente quando, ao se indagar a infraestrutura sobre o destinatário de seus serviços, a resposta for a empresa. Indiretamente, quando a resposta indicar que a gestão no ente prestador do serviço demonstra sua atuação comprometida com as necessidades da prestação de serviços não apenas às empresas – mas também ou principalmente a estas.

O atendimento da demanda de empresas induz a adoção de procedimentos administrativos que contribuem para a agilidade na prestação de serviços. Organizações vocacionadas para a interação com o setor produtivo desenvolveram mecanismos, como as fundações de apoio à pesquisa nas universidades, que permitem maior flexibilidade na contratação de funcionários e contribuem para a interatividade. Um indicador indireto de maior intensidade de atendimento a empresas é a maior participação de colaboradores celetistas nos quadros da infraestrutura.

Este estudo desenvolve uma série de apreciações com base em indicações diretas e indiretas, em relação à vocação para interatividade com o setor privado, e às outras variáveis que caracterizam as organizações de pesquisas brasileiras, captadas na pesquisa Mapeamento da Infraestrutura de Pesquisas, levada a cabo pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (CNPQ/MCT), com apoio do Ipea.

O atendimento de clientes empresariais caracteriza a atividade de prestação de serviços técnico científicos como uma interface entre a pesquisa e a inovação. A partir desta interface pode intensificar-se a interação entre pesquisa e empresas

1. Técnico de planejamento e pesquisa da Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação, Regulação e Infraestrutura (Diset) do Ipea.

2. O autor agradece a Mauro Oddo Nogueira e Fabiano Mezadre Pompermayer, técnicos de planejamento e pesquisa da Diset/Ipea, pelos comentários, observações e sugestões, e a João Renato Falcão, consultor estatístico na Diset/Ipea pelo acesso à base de dados. Falhas remanescentes são de responsabilidade do autor.

com desdobramentos positivos para as de atividades inovadoras. A política pública para a inovação deveria reconhecer a importância dos serviços tecnológicos e ajustar seus instrumentos de apoio à sua natureza competitiva.

2 SERVIÇOS TECNOLÓGICOS COMO SUBSISTEMA DO SISTEMA DE INOVAÇÃO

Este trabalho trata de um segmento estratégico para o Sistema de Inovação, composto pelos serviços de metrologia, calibração, inspeção, certificação e acreditação. São apresentados alguns elementos institucionais, a dinâmica e as tendências de mercado, são explorados dados levantados pela pesquisa do CNPq, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e Ipea denominada Mapeamento da Infraestrutura de Pesquisa. São também apresentadas recomendações de políticas públicas.

Justifica-se o tratamento em separado dos cinco serviços tecnológicos destacados: metrologia, calibração, ensaios e testes, certificação e acreditação,[3] em relação ao conjunto maior de serviços técnico-científicos,[4] devido à natureza do seu papel não só junto ao sistema de inovação, mas também junto ao sistema econômico. Estes serviços são um requisito básico da atividade industrial para garantir a intercambiabilidade de peças e a fidelidade dimensional de materiais (química) e de desempenho do produto ao projetado e contratado.

O provimento dos serviços de metrologia, calibração, certificação e inspeção, pelas implicações sobre questões não apenas econômicas, mas também de segurança, são objeto de *acreditação*, que significa a asseguração que o provimento do serviço se dá, observando padrões preestabelecidos.[5] Os cinco serviços (metrologia, calibração, inspeção certificação e acreditação, doravante chamados de *serviços de MCICA*), constituem o núcleo do que é conhecido como Tecnologia Industrial Básica (TIB).

Os setores produtivos, demandantes destes serviços, podem produzi-los eles próprios ou recorrer ao seu provimento externamente ao que seria o âmbito das suas atividades. Há um grande número de entes que oferecem estes serviços que pertencem ou são vinculados a instituições de pesquisa científica e tecnológica, públicas ou sem fins lucrativos. Portanto, estes prestadores destes serviços tecnológicos constituem uma interface entre o sistema de ciência e tecnologia e o sistema econômico.

3. Ver apêndice.

4. O questionário da Pesquisa Mapeamento de Infraestruturas de Pesquisa realizado pelo CNPq e MCTI com apoio do Ipea elenca os seguintes serviços técnico científicos: acesso a banco de células, microrganismos, entre outros, análises de materiais e análises de propriedades físico químicas, consultoria e assessoria técnico científica, desenvolvimento de produtos e processos, exames laboratoriais, metrologia, calibração, ensaios, testes, inspeção, certificação, informação científica e tecnológica, manutenção de equipamentos científicos, serviços ambientais, *Scale up* (escalonamento).

5. Ver apêndice.

2.1 Principais instituições

As principais instituições que regem as cinco atividades em destaque neste artigo se organizam segundo o Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Sinmetro), e seguem as determinações do Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Conmetro), que tem como braço executivo o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro). Neste cenário, há 32 entidades regulamentadoras, como Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), Departamento Nacional de Trânsito (Denatran), Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), Ministério do Meio Ambiente (MMA)/Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama)/Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), Ministério da Saúde (MS)/Agência Nacional de Saúde Suplementar (ANS), entre outras. O Inmetro tem convênio de cooperação com metade delas (Oliveira, M. A. L., 2013)

As principais organizações que compõem o Sinmetro são*:*

- Conmetro e seus comitês técnicos;
- Inmetro;
- Organismos de certificação acreditados, (sistemas da qualidade, sistemas de gestão ambiental, produtos e pessoal);
- Organismos de inspeção acreditados;
- Organismos de treinamento acreditados;
- Organismo provedor de ensaio de proficiência credenciado;
- Laboratórios acreditados – calibrações e ensaios – Rede Brasileira de Calibração/Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaio (RBC/RBLE).
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT);
- Institutos Estaduais de Pesos e Medidas (Ipem);
- Redes metrológicas estaduais.[6]

Outra importante institucionalidade é o Sistema Brasileiro de Avaliação de Conformidade (SBAC), do qual faz parte o Comitê Brasileiro de Avaliação da Conformidade (CBAC), no qual se acham representados em paridade órgãos governamentais e da iniciativa privada, totalizando 58 membros representantes dos diversos setores interessados: consumidor, setor produtivo, governo, academia, normalização. Neste contexto se insere o Programa Brasileiro de Avaliação da Conformidade (PBAC).

6. Para mais informações, ver o *site* do Inmetro, disponível em: <http://goo.gl/Jb9Wke>. Acesso em: 15 de agosto de 2013.

As entidades de pesquisa vocacionadas para a prestação dos serviços de MCICA combinam os elementos de organismo público e privado. São comuns (em diferentes graus) a estas organizações elementos de gestão voltados para a geração de receita própria com a venda de serviços, e alguma flexibilidade no regime de contratação de servidores e colaboradores. Possuem estrutura organizacional diversificada, atuando em pesquisa, desenvolvimento tecnológico e inovação, e prestam consultoria para empresas privadas e para o setor público, além do provimento de serviços tecnológicos. A consultoria representa uma diversificação orgânica a partir de competências adquiridas e de oportunidades de mercado.

A prestação de serviços tecnológicos requer um modelo gerencial apropriado, dotado de maior agilidade administrativa que o modelo vigente na administração pública em geral. As prestadoras de serviços tecnológicos que também realizam pesquisas gozam do benefício de, deste modo, por um lado obterem a atualização tecnológica dos seus funcionários e, por outro, habilitar-se à obtenção de financiamento de investimentos em equipamentos e instalações junto a órgãos de fomento, o que seria inviável de ser obtido apenas com a receita de prestação de serviços. Estes equipamentos podem ser também utilizados na prestação de serviços tecnológicos.

Uma relação representativa de entidades vocacionadas para a prestação de serviços de MCICA incluiria entre muitas outras: Instituto Nacional de Tecnologia (INT), Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (Lactec), Fundação Centros de Referência em Tecnologias Inovadoras (Certi), Centro de Caracterização Desenvolvimento de Materiais (CCDM), Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai), Instituto Falcão Bauer da Qualidade (IFBQ), Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), Instituto Adolfo Lutz, Instituto Butantã, Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI), Laboratório Nacional de Luz Síncroton (LNLS), o Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE), o Laboratório de Integração e Testes (LIT) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), o Labelo, e o Inmetro.

2.2 Tendências de mercado

O mercado brasileiro de prestação de serviços tecnológicos compreende agentes públicos e privados, de pequeno, médio e grande porte, e de origem nacional e internacional e, em larga medida, reflete o modo de inserção da economia brasileira no mercado global de bens e serviços. Seus parâmetros normativos, especialmente para serviços de normatização e certificação, ajustam-se aos internacionais.

A demanda por serviços de MCICA provém de necessidades do sistema econômico e da sociedade. Em ambos os casos, a presença da ação regulamentadora estatal é fundamental. Em áreas como segurança e saúde, a presença da ação regulamentadora pública é direta, sendo compulsória a observância de normas e

regulamentos. Muitas atividades são praticadas com base em normas voluntárias, e a ação estatal atua de modo a prover condições para seu cumprimento e desenvolvimento, inclusive nos aspectos que envolvem harmonizações internacionais.

Dados disponíveis em 2011 apontavam a existência, no Brasil, de 905 instituições e 1.223 unidades executoras/laboratórios ofertantes de serviços tecnológicos. A distribuição regional destas instituições e unidades indicava que a região Sul respondia por 20% em ambos, a região Sudeste por respectivamente 65% e 62%, a região Norte por 1%, a região Nordeste por 10% e 13% respectivamente e a região Centro-Oeste por 4% e 3% (Oliveira, 2013).

Um indicativo da dimensão do parque brasileiro ofertante de instrumentos de medição, segundo dados obtidos em um *site* comercial, apresenta os seguintes números: 651 empresas distribuidoras e 268 empresas fabricantes e distribuidoras, sendo que 108 destas (40%) são apenas fabricantes. Localizam-se no estado de São Paulo 61% do total das empresas, 73% das empresas fabricantes e distribuidoras e 81% das empresas apenas fabricantes.[7]

Em torno de 80% dos laboratórios de calibração e ensaios são associados às redes metrológicas estaduais. De 2002 a maio de 2006, houve um acréscimo de 78% na quantidade de redes metrológicas. Em 2006, havia redes metrológicas nos seguintes estados: Alagoas, Bahia, Ceará, Espírito Santo, São Paulo, Goiás, Minas Gerais, Pará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Clemente, 2006).

Em 2011, o acervo de normas técnicas da ABNT alcançou o número de 8.837, em 102.365 páginas. Neste ano, foram aprovadas 651 normas pela ABNT, com 770 projetos em consulta nacional. Atuaram 56 comitês brasileiros, 44 organismos de normalização setorial e 109 comissões de estudo especiais. Em 2013, havia 345.991 produtos com o selo do Inmetro.

Observa-se o crescimento do provimento dos serviços de avaliação da conformidade nos últimos dez anos pelo número de programas de avaliação da conformidade (PACs) conduzidos pelo Inmetro. O quantitativo dos PACs concluídos, em implantação e implantados, evoluiu de dezenove em 1999 para 79 em 2006, e para 197 em 2013, com a média anual em cada um destes períodos de 50 e 172. Para os programas compulsórios, a média anual foi de 46,6 e 143 nos dois períodos, e para os voluntários foi de 3,3 e 29,4, respectivamente, nos dois períodos.

Além da regulamentação, da instituição e operação dos sistemas responsáveis pela sua observância, cabe também às esferas do setor público o provimento direto de serviços de MCICA, através de entes públicos governamentais, como

7. Para mais informações, ver: <http://goo.gl/z9r6B3>. Acesso em: 3 de outubro de 2013.

as instituições de ciência e tecnologia e inovação (ICTIs) – universitárias ou não. Entes não governamentais que prestam apoio a atividades industriais, agropecuárias, comércio e transportes, como as associações empresariais também compõem o ambiente que configura o mercado de serviços tecnológicos, que se completa com os agentes privados de fins lucrativos.

A prestação de serviços tecnológicos se dá sob condições de relações de mercado, com competição pela preferência do cliente. Os custos, tanto do destinatário quanto do provedor do serviço, a qualidade dos serviços prestados e os prazos são importantes. Um elemento de diferenciação pela preferência do demandante do serviço é ser o provedor acreditado junto ao Inmetro.[8]

2.3 Serviços tecnológicos nos acordos internacionais de comércio

A importância dos serviços tecnológicos, especialmente os serviços de MCICA para os acordos internacionais em comércio e serviços, se observa na existência de estruturas de acompanhamento e prevenção de conflitos, se sobressaindo as que são abrigadas na Organização Mundial do Comércio (OMC). As considerações feitas nesta seção, em larga medida, se baseiam na pesquisa do Ipea "*Os BRICS na OMC, políticas comerciais comparadas de Brasil, Rússia, Índia, China*" (Thorstensen e Oliveira, 2012).

A tendência de redução das barreiras tarifárias no comércio internacional fez aumentar o recurso ao uso de barreiras técnicas e sanitárias por nações que buscam alguma proteção para seu mercado, movimento que contraria os preceitos do Acordo sobre Barreiras Técnicas ao Comércio (*Technical Barriers to Trade – TBT*). A Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento (Unctad) estimou que, em 2004, exigências técnicas foram responsáveis por 58,5% das barreiras não tarifárias (nas quais se incluem ainda medidas quantitativas e licenças às importações), contra 31,9% dez anos antes. A Unctad e a OMC têm se dedicado a identificar e quantificar o apelo ao uso de barreiras técnicas.

A OMC, para fazer cumprir os acordos internacionais de comércio de bens de serviços, conta com o suporte do Comitê sobre Barreiras Técnicas ao Comércio (Comitê TBT) e do Comitê sobre Medidas Sanitárias e Fitossanitárias (Comitê SPS). Os dois comitês fomentam a harmonização de padrões, diretrizes e regulamentações, promovendo a troca de informações entre os membros, participação de representantes em organizações internacionais de padronização, e assinatura de acordos bilaterais. Contam com a cooperação de organizações como a Organização Mundial da Saúde (OMS) e a Organização das Nações Unidas para Agricultura Agricultura e Alimentação (FAO),

8. Inmetro, Pesquisa de Satisfação dos Clientes de Organismos de Avaliação da Conformidade.

que apoia a atuação da Comissão Codex Alimentarius na formulação de padrões de segurança para alimentação.

A FAO e a Organização Mundial da Saúde Animal (OIE) definem os padrões mínimos para saúde vegetal e animal. Os padrões técnicos internacionais são responsabilidade da Organização Internacional para Padronização (International Organization for Standardization – ISO), da International Electrotechnical Commission (IEC) e da International Telecommunication Union (ITU). Estas incentivam o reconhecimento de padrões técnicos por diferentes países através da assinatura de acordos de reconhecimento mútuo, pelos quais os países envolvidos se comprometem a aceitar as avaliações realizadas pelos pares, com a finalidade de inibir a adoção de barreiras abusivas ao comércio.

O Brasil possui boa capacidade administrativa para atuar no cenário das barreiras técnicas ao comércio. Conta com o Simetro, o Conmetro e o Inmetro, este responsável pela ação internacional, inclusive como ponto focal do sistema de notificações. Existem as entidades como a ABNT, que estabelece normas técnicas, o Grupo do Mercado Comum do Mercosul (GMC), que também pode propor normas técnicas, o Ministério da Agricultura (MA), responsável pelo controle de pragas, a Anvisa, incumbida do controle sanitário, e a Comissão Técnica de Biossegurança (CNTBio), que aprova a importação de produtos geneticamente modificados.

2.4 Global players no mercado doméstico[9]

Um destaque na atual quadra do processo de inserção da economia brasileira na economia internacional, pelo ângulo dos serviços tecnológicos, é a presença, no Brasil, de *global players* (empresas ou organizações de atuação global, em muitos países). Estão presentes em todos os continentes, algumas centenárias, com colaboradores da ordem das dezenas de milhares. Sua entrada e expansão no país acentuaram-se na última década, em boa medida através de aquisições de empresas atuantes nas mesmas áreas, incluindo laboratórios.

O movimento das *global players* se articula com as tendências recentes da economia brasileira: expansão das exportações de *commodities* agrícolas e minerais, indicado pela presença de escritórios em estados e localidades onde a produção e pontos de logística são importantes; crescente presença de empresas estrangeiras; as novas fronteiras de crescimento econômico, como petróleo e gás, infraestrutura e novas energias; internacionalização das cadeias produtivas na indústria e demanda por serviços de maior conteúdo tecnológico, como a eletroeletrônica e

9. O tema está mais desenvolvido no trabalho de Tironi (2014).

telecomuncações. O crescimento do setor ambiental também justifica o interesse de empresas estrangeiras em atuarem no Brasil.

Atuam no Brasil *global players* como a Bureau Veritas, fundada em 1828 na Antuérpia, e no Brasil há mais de oitenta anos; a UL, com 118 anos de existência e mais de 10 mil funcionários atuando em mais de cem países; a Société Générale de Surveillance (SGS) fundada em 1878, que atua em inspeção, verificação, testes e certificação, com mais de 75 mil funcionários, operando uma rede com mais de 1.500 escritórios e laboratórios no mundo todo; a Intertek, existente há mais de 128 anos, com mais de 35 mil pessoas e mil localidades em mais de cem países;[10] a TÜV Rheinland do Brasil, com atuação em mais de cinquenta países,[11] é a quarta maior certificadora do mundo e iniciou suas atividades no país em 2000.

3 ELEMENTOS DESCRITIVOS E AVALIATIVOS DAS INSTITUIÇÕES DE PESQUISA PRESTADORAS DOS SERVIÇOS DE MCICA

Uma infraestrutura de pesquisa como um laboratório de uma universidade ou um centro de pesquisas tecnológicas, além de destinar-se à pesquisa científica e tecnológica e à formação de recursos humanos, pode dedicar-se também à prestação de serviços tecnológicos. Em particular, a prestação de serviços de MCICA contribui para a interação entre a infraestrutura de pesquisa e o setor produtivo, potencializando a capacidade do sistema nacional de inovação de gerar inovações. Como isto se dá?

O projeto Mapeamento das Infraestruturas de Pesquisa, realizado em 2013 pelo CNPq com o apoio do MCTI e do Ipea, daqui por diante chamado de *pesquisa*, oferece um conjunto de informações que pode ser usado para se obter as respostas àquelas perguntas.

3.1 Aspectos metodológicos

O procedimento adotado foi o de comparar quatro recortes do universo das infraestruturas de pesquisa brasileiras abrangidos pela pesquisa. O pressuposto é que as peculiaridades dos serviços prestados pelas infraestruturas em cada um dos quatro recortes (infras G, A, B, C) refletem suas capacitações e sua propensão para desenvolver trabalhos em articulação com empresas.

O primeiro recorte, que recebe a notação de infra G, corresponde a todas as infraestruturas que responderam ao questionário da pesquisa, prestadoras ou não de serviços tecnológicos. O segundo recorte, denominado infra A, é das infraestruturas que responderam positivamente à questão sobre se prestam serviços técnico-científicos.

10. Para mais informações, ver: <http://goo.gl/T6xeoS>. Acesso em: 12 de setembro de 2013.
11. Para mais informações, ver: <http://goo.gl/mCgU8i>. Acesso em: 12 de setembro de 2013.

O terceiro recorte, infra B, compreende o subconjunto das infraestruturas que prestam (pelo menos um deles) os serviços de metrologia, calibração, inspeção e certificação. E o quarto recorte ou subconjunto, infra C, é o das infraestruturas que revelaram ser (independente do serviço que prestam) detentoras de acreditação. As infra B e C compreendem serviços típicos do MCICA.

A comparação entre as infraestruturas compreendidas nestes recortes se faz buscando evidenciar aquelas características que denotem a presença de atividades desenvolvidas em articulação com empresas. O procedimento envolve juízos *ex-ante* sobre se a presença de determinada atividade técnico-científica ou tecnológica – a certificação, por exemplo – é ou não um indicativo de atividade afim à inovação por ser prestada às empresas.

Responderam ao questionário da pesquisa 1.760 infraestruturas de pesquisa (infra G), das quais 1.208 informaram que prestam serviço técnico-científico (infra A). As que prestam serviços de metrologia, calibração, inspeção e certificação somaram 195 e as acreditadas são 48. Das infra G, 97,7 % são laboratórios, 1,14% são plantas ou usinas piloto, 0,7% observatórios, 0,5% é estação ou rede de monitoramento, e 0,06% é navio de pesquisa ou laboratório flutuante (tabela 1).

3.2 Tipo de infraestrutura

A distribuição por tipo de infraestrutura (laboratório, observatório, planta ou usina piloto etc.) para o subconjunto de prestadoras de serviço técnico-científico que conformam o subconjunto infra A é praticamente o mesmo do conjunto total, infra G. Já as infras B e C diferem algo deste padrão: a participação de infraestruturas outras que não laboratórios se restringe a seis entre 195 (3%) na infra B, e a apenas uma das 48 infraestruturas na infra C (um único observatório acreditado). Assim, a estatística descritiva apresentada ao longo do texto praticamente se refere a laboratórios (tabela 1).

TABELA 1
Tipos de infraestrutura

	Infra G		Infra A		Infra B		Infra C	
Tipo da infraestrutura	Número de infraestruturas	(%)	Número de infraestruturas	(%)	Número de infraestruturas	(%)	Número de infraestruturas	(%)
Estação ou rede de monitoramento	8	0,45	6	0,50	1	0,01		0,00
Laboratório	1.719	97,67	1.179	97,60	189	0,97	47	97,92
Navio de pesquisa ou laboratório flutuante	1	0,06	1	0,08	2	0,01		0,00
Observatório	12	0,68	7	0,58	3	0,02	1	2,08
Planta ou usina piloto	20	1,14	15	1,24		0,00		0,00
Total	**1.760**	**100**	**1.208**	**1**	**195**	**100**	**48**	**1**

Elaboração do autor.

3.3 Início de operação

A distribuição das infraestruturas segundo o início de operação indica que a partir de 1990 as não prestadoras de serviços técnico-científicos aumentaram comparativamente mais, segundo as porcentagens acumuladas de 80%, 76%, 71%, 64%, a partir da década de 1990 (tabela 2), respectivamente para as infras G, A, B e C. Isto poderia indicar que o esforço de incrementar o parque de infraestruturas de pesquisa não se fez acompanhar na mesma velocidade pelo comprometimento delas com a prestação de serviços.

TABELA 2
Início de operação

	Infra G		Infra A		Infra B		Infra C	
Início de operação	Número	(%)	Número	(%)	Número	(%)	Número	(%)
Antes de 1970	50	2,8	46	3,8	8	4,1	2	4,2
De 1970-1979	110	6,3	94	7,8	20	10,3	4	8,3
De 1980-1989	193	11	154	12,7	29	14,9	13	27,1
De 1990-1999	410	23,3	302	25,0	50	25,6	16	33,3
De 2000-2009	654	37,2	430	35,6	67	34,4	13	27,1
De 2010-2012	343	19,5	182	15,1	21	10,8		

Elaboração do autor.

3.4 Pesquisadores por titulação

Observa-se na tabela 3 que ao transitar-se da infra G para as infras A, B e C, cai a porcentagem de pesquisadores com doutorado, enquanto aumenta a participação de pesquisadores com mestrado, especialização e graduação. Isto pode ser um indicador de que, para a prestação de serviços de metrologia, calibração, inspeção e certificação, e ainda mais se detentoras de acreditação, o requerimento de doutores é comparativamente menor.

TABELA 3
Pesquisadores por titulação

	Infra G		Infra A		Infra B		Infra C	
Titulação máxima	Total	(%)	Total	(%)	Total	(%)	Total	(%)
Curso de curta duração	17	0,2	15	0,3	2	0,2	2	0,5
Doutorado	5.137	72,5	3.900	71,5	710	62,9	175	41,2
Ensino médio	92	1,3	66	1,2	23	2,0	16	3,8
Ensino profissional de nível técnico	40	0,6	36	0,7	20	1,8	16	3,8
Especialização	123	1,7	97	1,8	36	3,2	27	6,4

(Continua)

(Continuação)

	Infra G		Infra A		Infra B		Infra C	
Titulação máxima	Total	(%)	Total	(%)	Total	(%)	Total	(%)
Especialização – residência médica	2	0,0	2	0,0				
Extensão universitária	5	0,1	3	0,1	2	0,2		
Graduação	492	6,9	397	7,3	127	11,3	82	19,3
MBA	12	0,2	10	0,2	3	0,3	2	0,5
Mestrado	1.123	15,8	888	16,3	201	17,8	104	24,5
Mestrado profissionalizante	19	0,3	17	0,3	2	0,2	1	0,2
Outros	2	0,0	1	0,0	2	0,2		
Informação não disponível	26	0,4	22	0,4				
Total	**7.090**	**100,0**	**5.454**	**100,0**	**1.128**	**100,0**	**425**	**100,0**

Elaboração do autor.

3.5 Pesquisadores por tipo de vínculo

A principal informação trazida pela tabela 4 é a da tendência invertida entre o vínculo celetista, que aumenta em torno de 14 pontos percentuais e o vínculo servidor público, que diminui 18%, quando se transita da infra G para as infras A, B e C. Isto está a favor do pressuposto de que os subconjuntos infras A, B e C se revelam progressivamente mais afeitos à interação com o setor produtivo. Supondo que a interação com o setor produtivo é indutora de métodos de gestão como controle de custos e prazos, o vínculo celetista denotaria mais adequação à adoção de tais métodos. Tal situação, entretanto, pode ser consequência das condições de contratação de funcionários pelas instituições públicas de ensino e pesquisa, aliada à natureza mais rotineira da atividade de prestação de serviços.

A presença do pesquisador visitante cresce entre a infra G e a infra A, mas cai desta para a infra B e infra C, indicando que a prestação de serviço às empresas se faz com menor demanda de relações de cooperação internacionais que a prestação de serviços a outros usuários. A participação de bolsistas pouco se altera entre os recortes de infraestruturas.

TABELA 4
Pesquisadores por tipo de vínculo

	Infra G		Infra A		Infra B		Infra C	
Tipo de vínculo	Total	(%)	Total	(%)	Total	(%)	Total	(%)
Bolsista	1.331	16,5	963	17,7	196	17,4	105	24,7
Celetista	1.098	13,6	805	14,8	192	17,0	115	27,1
Outro	535	6,6	406	7,4	52	4,6	18	4,2

(Continua)

(Continuação)

	Infra G		Infra A		Infra B		Infra C	
Tipo de vínculo	Total	(%)	Total	(%)	Total	(%)	Total	(%)
Pesquisador visitante	227	2,8	178	3,3	24	2,1	6	1,4
Servidor público	4.867	60,4	3.142	57,6	665	59,0	181	42,6
Total	**8.058**	**100,0**	**5.454**	**100,0**	**1.128**	**100,0**	**425**	**100,0**

Elaboração do autor.

3.6 Pesquisadores por tempo de dedicação à infraestrutura

A tabela 5 mostra que o tempo de dedicação ao trabalho na infraestrutura cresce à medida que se vai da Infra G para a Infra C. Este dado também confirma que a prestação de serviços se intensifica da Infra A para a Infra C e que a prestação de serviço é demandante de maior presença do profissional na infraestrutura. A assertiva está de acordo com a presunção de que a prestação de serviços além de demandar maior flexibilidade nos procedimentos administrativos, também demanda maior comprometimento do tempo do empregado.

TABELA 5
Pesquisadores por tempo de dedicação à infraestrutura

	Infra G		Infra A		Infra B		Infra C	
Tempo de dedicação	Total	(%)	Total	(%)	Total	(%)	Total	(%)
Até 10h semanais	2.311	28,7	1.465	26,9	260	23,0	64	15,1
Mais de 20h a 30h semanais	470	5,8	325	6,0	55	4,9	20	4,7
Mais de 10h a 20h semanais	906	11,2	621	11,4	86	7,6	18	4,2
Mais de 30h semanais	4.371	54,2	3.278	60,1	740	65,6	323	76,0
Total	**8.058**	**100,0**	**5.454**	**100,0**	**1.128**	**100,0**	**425**	**100,0**

Elaboração do autor.

3.7 Equipes de apoio técnico por tipo de vínculo

A tabela 6 revela uma situação inversa à da tabela 4 "Pesquisador por tipo de vínculo". Dividida em três categorias, prestador de serviço/terceirizado, servidor/funcionário e outros, as participações das equipes de apoio técnico em porcentagem revelam uma tendência oposta à mostrada antes sobre o tipo de vínculo dos pesquisadores. No caso das equipes de apoio técnico, a categoria servidor/funcionário, cuja participação é alta, situando-se entre 65% e 70%, há um pequeno crescimento conforme se transita da infra G para a infra C. Uma investigação teria de ser efetuada para avaliar a significância destas diferenças e aí, eventualmente, buscar explicação.

TABELA 6
Equipes de apoio técnico por tipo de vínculo

	Infra G		Infra A		Infra B		Infra C	
Tipo de vínculo	Número de membros das equipes de apoio técnico e adminis-trativo	(%)	Número de membros das equipes de apoio técnico e adminis-trativo	(%)	Número de membros das equipes de apoio técnico e adminis-trativo	(%)	Número de membros das equipes de apoio técnico e adminis-trativo	(%)
Outro	1.137	19,2	1.084	20,9	208	18,9	100	20,2
Prestador de serviço/ terceirizado	891	15,1	728	14,1	116	10,6	47	9,5
Servidor/ funcionário	3.886	65,7	3.368	65,0	774	70,5	349	70,4
Total	**5.914**	**100,0**	**5.180**	**100,0**	**1.098**	**100,0**	**496**	**100,0**

Elaboração do autor.

3.8 TIPOS DE SERVIÇO TÉCNICO-CIENTÍFICO POR CATEGORIA DE DEMANDANTE

O total de serviços prestados pelas infraestruturas pesquisadas soma 9.174, de dezoito diferentes tipos, inclusive "Outros", para demandantes definidos como governo, pesquisadores, empresas e outros. Os laboratórios que oferecem serviços de metrologia, calibração, certificação e inspeção (infra B) respondem por 20,0% daquele total, e os laboratórios com acreditação correspondem a 7,0% daquele total.

Os dados da tabela 7 permitem visualizar, para os três conjuntos de infraestruturas A, B e C, a destinação relativa dos serviços de metrologia, calibração, certificação e inspeção a cada uma das categorias de demandantes.

Ponderando pela participação do serviço na demanda da infraestrutura, as posições relativas dos destinatários, ou demandantes dos serviços de metrologia, calibração, certificação e inspeção não se alteram ao passar da infra A para a infra B: "Pesquisadores, empresas, outros e governo", mas se altera ao passar da infra B para a infra C, com "Governo" ganhando a posição de "Outros". Possivelmente, isso tenha relação com os procedimentos adotados nas compras governamentais, que seriam um pouco mais demandantes de acreditação.

TABELA 7

	Infra /serviço	Infra A					Infra B					Infra C				
	Tipo de serviço	Pesquisadores	Governo	Empresas	Outro	Participação do serviço	Pesquisadores	Governo	Empresas	Outro	Participação do serviço	Pesquisadores	Governo	Empresas	Outro	Participação do serviço
	Calibração	0,5	1,1	1	0,1	2,7	1,6	3,5	3,2	0,4	8,8	2	1,6	3,1	0,2	6,9
	Certificação	0,2	0,4	0,7	0,1	1,3	0,6	1,1	2,3	0,2	4,3	1,1	1,4	4,2	0	6,7
	Inspeção	0,4	0,4	0,7	0	1,5	1,2	1,4	2,2	0,1	5	1,6	1,1	2,5	0,5	5,6
	Metrologia	0,6	0,8	0,8	0,2	2,3	1,8	2,5	2,5	0,5	7,4	2,4	2	2,7	0,3	7,4
(a)	Metrologia + calibração + certificação + inspeção	1,6	2,6	3,2	0,4	7,8	5,3	8,6	10,3	1,3	25,5	7,1	6,1	12,5	0,9	26,6
(b)	Destinação do total dos serviços	16,8	40,2	37,7	5,3	100	18,6	36,4	39,8	5,2	100	23,4	27,1	45,3	4,2	100
	a/b	0,095	0,065	0,085	0,075	0,078	0,285	0,236	0,259	0,250	0,255	0,303	0,225	0,276	0,214	0,266

Elaboração do autor.

3.9 Atividade econômica de aplicação das pesquisas

A tabela 8 apresenta a distribuição percentual das pesquisas realizadas nas infraestruturas segundo as atividades econômicas a que correspondem. A infra A acompanha a infra G no tocante das atividades econômicas às quais destinam os serviços técnico-científicos. Nas infra B e C, indústrias de transformação aparecem como o principal destino dos serviços prestados, à frente de atividades profissionais, científicas e técnicas. Em terceiro lugar estão indústrias extrativas. Este resultado converge com o pressuposto de que há afinidade entre os serviços das infras B e C com a indústria. Algumas discrepâncias entre as infras B e C são interessantes e deveriam ser estudadas, como as existentes em saúde humana e serviços sociais, educação, além dos diversos serviços e o comércio. A acreditação parece ser mais importante em atividades de serviços, o que pode ser talvez atribuído ao caráter compulsório determinado pelo regulador.

TABELA 8
Atividade econômica de aplicação das pesquisas – participação
(Em %)

Atividade econômica	Infra G	Infra A	Infra B	Infra C
Atividades profissionais, científicas e técnicas	28,11	26,70	23,02	19,44
Indústrias de transformação	21,69	22,43	31,65	33,33
Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura	10,85	11,03	6,47	6,94
Saúde humana e serviços sociais	9,41	9,36	1,80	4,17
Educação	7,90	6,20	3,96	1,39
Indústrias extrativas	7,03	8,43	7,91	9,72
Eletricidade e gás	3,99	3,72	4,68	6,94
Informação e comunicação	3,38	3,72	4,32	6,94
Água, esgoto, atividades de gestão de resíduos e descontaminação	2,26	2,54		1,39
Construção	1,95	2,29	2,88	1,39
Transporte, armazenagem e correio	1,13	1,12	2,16	
Administração pública, defesa e seguridade social	0,61	0,68	1,80	2,78
Atividades administrativas e serviços complementares	0,56	0,56	0,72	1,39
Artes, cultura, esporte e recreação	0,39	0,43	0,36	
Outras atividades de serviços	0,22	0,19	0,72	2,78
Comércio; reparação de veículos automotores e motocicletas	0,22	0,19	7,19	1,39
Alojamento e alimentação	0,17	0,25		
Atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados	0,09	0,12		
Atividades imobiliárias	0,04	0,06	0,36	

Elaboração do autor.

3.10 Financiamento recebido por entidade financiadora

A tabela 9 oferece alguns indicativos sobre as infraestruturas segundo os quatro recortes (G, A, B, C) adotados neste trabalho, a partir dos valores que reportam haver recebido para financiamento das suas pesquisas, identificando as fontes financiadoras. Considerando os valores médios por infraestrutura, por fonte financiadora, nota-se uma similaridade entre os valores médios das infras G e A. Significaria que não há diferença, do ponto de vista do financiamento, considerado o conjunto das fontes financiadoras entre as infraestruturas prestadoras e o total, incluindo as não prestadoras de serviços.

Em segundo lugar, de modo geral os quatro grupos de infraestruturas (G, A, B e C) contam com valores médios de financiamento das diversas fontes semelhantes, exceto quatro fontes: empresa privada, Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), Petrobras, e prestação de serviços. As fontes Finep e prestação de serviços apresentam valores médios significativamente maiores para as infras B e C, enquanto empresa privada é maior para estas duas infras, mas com diferencial menor, e Petrobras, inversamente, é significativamente maior para as infras G e A, sendo para a infra G maior que para infra A. Estes resultados convergem com o conceito de serviços tecnológicos adotados, mas merecem mais investigação em função do elevado peso que a Petrobras representa para o financiamento das infraestruturas.

TABELA 9
Financiamento recebido por fonte financiadora

Infra	Infra G		Infra A		Infra B		Infra C	
Entidade financiadora	Número de infraestruturas	Renda média por infraestrutura (R$)	Número de infraestruturas	Renda média por infraestrutura (R$)	Número de infraestruturas	Renda média por infraestrutura (R$)	Número de infraestruturas	Renda média por infraestrutura (R$)
Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes)	426	89.925	308	89.906	34	117.588	5	49.500
CNPq	786	165.171	536	156.995	66	176.731	11	224.791
Empresa privada	241	436.351	216	398.834	45	499.985	11	503.145
Finep	238	753.516	206	756.053	52	1.006.758	19	915.750
Fundação estadual de amparo à pesquisa	711	250.980	489	257.481	60	281.648	11	150.727
Orçamento da própria instituição	527	506.226	395	617.106	76	566.576	19	849.858
Petrobras	167	1.969.146	150	1.923.039	30	1.169.088	9	1.147.778
Prestação de serviços	215	363.378	214	364.235	56	678.529	24	1.393.378
Outra instituição pública	72	577.175	67	592.674	16	317.938	5	694.000
Outra empresa pública	52	497.266	44	541.938	7	377.766	1	530.361
Outra	115	527.849	383	138.099	60	170.461	12	459.663
Total/média	**3.550**	**403.648**	**3.008**	**401.014**	**502**	**481.078**	**127**	**761.785**

Elaboração do autor.

3.11 Valor estimado da infraestrutura

A tabela 10 contém o número de infraestruturas por recorte (G, A, B e C) segundo a faixa de valor da infraestrutura e a relação entre as quantidades de infraestruturas dos recortes para as faixas de valor. Busca-se alguma indicação da influência do porte da infraestrutura sobre a relação (percentual) do número de infraestruturas de cada recorte para três situações: infra A/infra G, infra B/infra A e infra C/infra A.

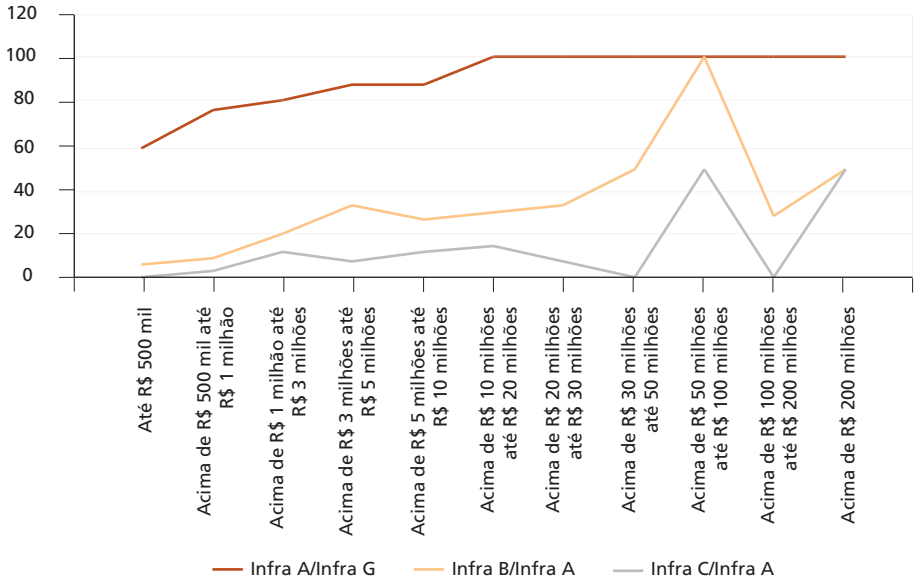
TABELA 10
Valor estimado da infraestrutura

Valor estimado da infraestrutura	Número de infraestruturas				Relação entre número de infraestruturas (%)		
	Infra G	Infra A	Infra B	Infra C	Infra A / infra G	Infra B / infra A	Infra C / infra A
Até R$ 500 mil	1.054	633	67	5	60	11	1
Acima de R$ 500 mil até R$ 1 milhão	301	231	30	4	77	13	2
Acima de R$ 1 milhão até R$ 3 milhões	222	179	43	19	81	24	11
Acima de R$ 3 milhões até R$ 5 milhões	73	65	23	5	89	35	8
Acima de R$ 5 milhões até R$ 10 milhões	55	48	13	7	87	27	15
Acima de R$ 10 milhões até R$ 20 milhões	33	31	10	5	94	32	16
Acima de R$ 20 milhões até R$ 30 milhões	11	11	4	1	100	36	9
Acima de R$ 30 milhões até R$ 50 milhões	2	2	1		100	50	0
Acima de R$ 50 milhões até R$ 100 milhões	2	2	2	1	100	100	50
Acima de R$ 100 milhões até R$ 200 milhões	4	4	1		100	25	0
Acima de R$ 200 milhões	2	2	1	1	100	50	50
Não informado	1						

Elaboração do autor.

O gráfico 1, elaborado com os dados da tabela 10, indica que o valor da infraestrutura é fator preponderante para definição do formato da curva infra A/infra G. Ou seja, para as infraestruturas de valor inferior a R$ 500 mil as prestadoras de serviços (infra A) correspondem a 60% do total das infraestruturas (infra G). À medida que o valor da infraestrutura cresce, a probabilidade de tratar-se de infraestrutura prestadora de serviços técnico-científicos se aproxima de 1, tornando-se 1 a partir de R$ 20 milhões. Resultado em princípio esperável, considerando que os equipamentos para a prestação de serviços técnico-científicos com frequência são sofisticados e caros.

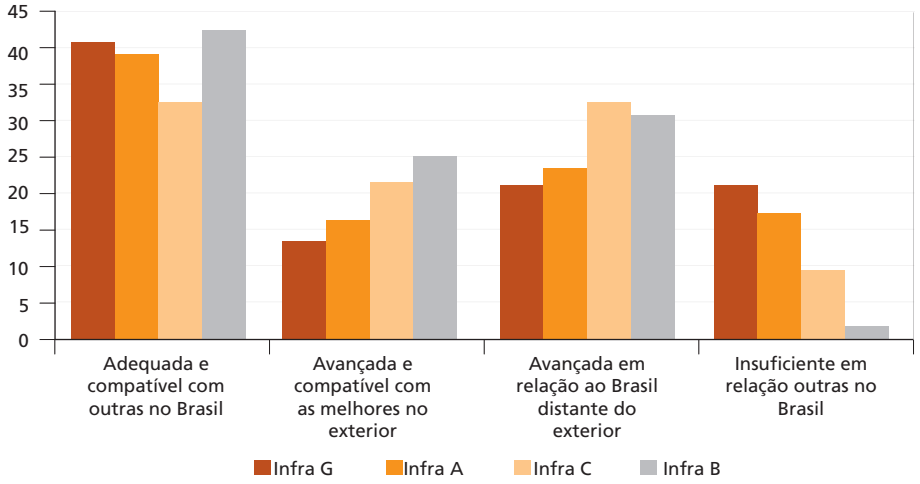
GRÁFICO 1
Valor estimado da infraestrutura



Elaboração do autor.

3.12 Avaliação da capacidade técnica

GRÁFICO 2
Capacidade técnica
(Em %)

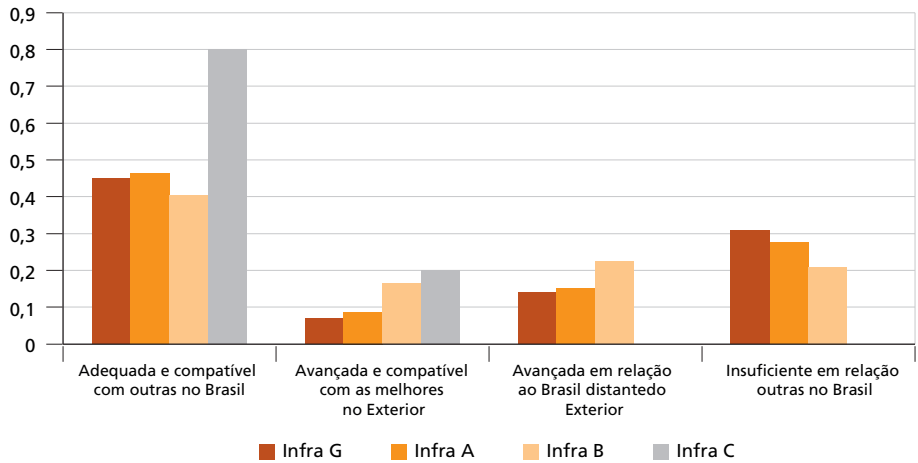


Elaboração do autor.

O gráfico 2 mostra que, como acontece com diversas outras variáveis da pesquisa, também em capacidade técnica, a infra G e a infra A se aproximam, com alguma vantagem, da infra A. As infras B e C relatam capacidade técnica superior, pois indicaram em proporção maior serem "avançada e compatível com a observada nas melhores infraestruturas do gênero no exterior" e "avançada em relação aos padrões brasileiros, mas ainda distante da observada nas melhores infraestruturas do gênero no exterior".

Este resultado pode ser influenciado pelo porte da infraestrutura. Nas infras G e A é maior a fração das com menor porte, e estas reportam capacidade técnica em maior proporção em "adequada e compatível com outra no Brasil" e "insuficiente em relação a outras no Brasil", como ilustra o gráfico 3. Observa-se que as infraestruturas de valor menor que R$ 500 mil representam 60% das infras G, 52% das A, 34% das infras B e 10% das infras C, segundo dados da tabela 10.

GRÁFICO 3
Distribuição da capacidade técnica – infraestruturas de valor estimado menor que R$ 500 mil
(Em %)



Elaboração do autor.

4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES DE POLÍTICAS

Os serviços tecnológicos evoluem impulsionados pelas tradicionais necessidades do sistema econômico relativas à asseguração da qualidade e intercambiabilidade necessária ao comércio, pela crescente importância das barreiras técnicas nas relações comerciais, pela crescente demanda da sociedade por bens que garantam boas condições sanitárias, segurança, saúde, sustentabilidade ambiental, pela emergência de novas tecnologias como as de informação e comunicação, novos materiais, biotecnologia,

nanotecnologia, novas fontes energéticas. As políticas públicas e a ação governamental ecoam as demandas da sociedade e amplificam a demanda por serviços tecnológicos.

O arcabouço institucional da prestação de serviços tecnológicos no Brasil é consistente e tem condições de responder ao crescimento da demanda. A infraestrutura laboratorial da prestação de serviços tecnológicos conta com provedores de elevado grau de capacitação. É bastante diversificada em termos das especificidades jurídicas dos agentes, que podem ser empresas privadas, instituições públicas de ensino, de pesquisa científica e tecnológica, fundações privadas ou públicas, e suas combinações. A presença de provedores de serviços tecnológicos de origem estrangeira e atuação global contribui para aumentar a oferta de prestação de serviços tecnológicos de padrão mundial no mercado doméstico. As repercussões deste cenário sobre a concentração da oferta a ponto de afetar a concorrência é uma questão que merece uma avaliação mais profunda.

A infraestrutura de pesquisas no Brasil, constituída em larga medida por laboratórios vinculados a instituições de ensino, pesquisa científica e tecnológica, é uma base essencial para prover a sociedade e a economia brasileiras de serviços técnico-científicos e tecnológicos. A prestação dos serviços se faz com base em instalações laboratoriais, cujo aproveitamento ótimo é fundamental para o desenvolvimento brasileiro.

O subsistema de inovação, compreendendo os serviços de metrologia, calibração, certificação e inspeção, bem como o arcabouço legal e normativo em que se situam com suas instituições e agentes, constituem uma verdadeira infraestrutura tecnológica do sistema nacional de inovação. Os laboratórios pertencentes à infraestrutura de pesquisa nacional atuam neste contexto, e isto os caracteriza como uma interface entre as instituições de ensino, pesquisa e desenvolvimento científico e tecnológico às quais pertencem e os setores produtivos. O seu fortalecimento neste papel é essencial para a inovação e a competitividade nacional. Especialmente cabe seu fortalecimento nos segmentos dinâmicos da economia, onde mais tem se acentuado a presença de grandes provedores de serviços internacionais.

As recomendações de política são: *i*) fortalecer o arcabouço institucional apoiando as instituições públicas incumbentes, com ênfase em metrologia, calibração, certificação e inspeção, acreditação, normalização e regulamentação; *ii*) fortalecer os agentes provedores de serviços tecnológicos nacionais para atuarem em áreas em expansão, como a de *commodities,* a sanitária, de saúde, de sustentabilidade ambiental, de novas tecnologias, de novas fontes energéticas; *iii*) atender as médias, pequenas e microempresas; e *iv*) incentivar os agentes de maior porte para atuar em áreas de fronteira científica e tecnológica.

Os instrumentos de política para o fortalecimento dos provedores de serviços tecnológicos são em larga medida os mesmos de promoção da inovação: atualização

tecnológica da infraestrutura, aquisição e aperfeiçoamento de recursos humanos, superação dos entraves burocráticos nas instituições públicas. Compras governamentais de serviços técnico-científicos e tecnológicos são um forte elemento de promoção do desenvolvimento do setor.

Os importantes papéis dos serviços tecnológicos no desenvolvimento econômico, científico e tecnológico, sua posição de interface entre as instituições de ensino e pesquisa e os setores produtivos, favorecendo a inovação, devem ser reconhecidos e promovidos pelas políticas governamentais. A dinâmica competitiva dos provedores de serviços tecnológicos deve ser considerada no desenho das ações e das políticas de governo.

REFERÊNCIAS

CLEMENTE A. A. **Perfil de atuação das redes metrológicas estaduais base**: maio/2006. Rio de Janeiro: Redetec, 2006. p. 1-31.

LOBO A. A contribuição do Inmetro para a segurança de brinquedos. *In*: **Exponorma**, 7., 2013, São Paulo. São Paulo: apresentação na Exponorma, 2013. Disponível em: <http://goo.gl/BIu7Dt>.

OLIVEIRA, M. A. L. **O crescimento na demanda para acreditação dos laboratórios de ensaios, as dificuldades da Coordenação Geral de Acreditação do Inmetro (CGCRE) e as exigências por participação em ensaios de proficiência**. *In*: CONGRESSO DE QUALIDADE EM METROLOGIA, 2013, São Paulo, São Paulo. São Paulo: Enqualab, 2013.

OLIVEIRA, S. M. M. **Sistema de informação sobre serviços tecnológicos** – INFOTIB. *In*: SEMINÁRIO RIO METROLOGIA, 9, 2011. Rio de Janeiro: Rede de Tecnologia e Inovação do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://goo.gl/aBK1f5>. Acesso em: 3 out. 2013.

TIRONI L. F. Globalização em serviços tecnológicos. **Radar**, n. 33, p. 27-34, jun. 2014, Brasília, IPEA. Disponível em: <http://goo.gl/KFijTc>.

THORSTENSEN, V.; OLIVEIRA I. T. M. (Orgs.). **Os BRICS na OMC**: políticas comerciais comparadas de Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul. Brasília: Ipea, 2012. p. 470.

ANEXO

GLOSSÁRIO DE TERMOS

Metrologia

"A metrologia é ciência que trata das medições. A metrologia abrange todos os aspectos teóricos e práticos relativos às medições, em quaisquer campos da ciência ou da tecnologia". (Disponível em: <http://goo.gl/vTzF3I>).

Calibração

"Conjunto de operações que estabelece, sob condições especificadas, numa primeira etapa, uma relação entre os valores e as incertezas de medição fornecidos por padrões e as indicações correspondentes com as incertezas associadas; numa segunda etapa, utiliza esta informação para estabelecer uma relação visando a obtenção dum resultado de medição a partir duma indicação. (VIM – 2.39)". (Disponível em: <http://goo.gl/klGqna>).

Certificação

"Certificação é um processo no qual uma entidade de 3ª parte avalia se determinado produto atende as normas técnicas. Esta avaliação se baseia em auditorias no processo produtivo, na coleta e em ensaios de amostras". (Disponível em: <http://goo.gl/e7io39>).

Acreditação

"A acreditação é uma ferramenta estabelecida em escala internacional para gerar confiança na atuação de organizações que executam atividades de avaliação da conformidade. Acreditação é o reconhecimento formal por um organismo de acreditação, de que um organismo de Avaliação da Conformidade – OAC (laboratório, organismo de certificação ou organismo de inspeção) atende a requisitos previamente definidos e demonstra ser competente para realizar suas atividades com confiança. Um sistema concebido para acreditar serviços de avaliação da conformidade dos OACs deve transmitir confiança para o comprador e para a autoridade regulamentadora. Tal sistema deve facilitar o comércio através das fronteiras, como buscam as organizações e autoridades em comércio.

A acreditação é realizada junto a: laboratórios de calibração e ensaio; organismos de certificação e organismos de inspeção". (Disponível em: <http://goo.gl/ZgNSQG>).

Vocabulário Internacional de Metrologia – VIM (2012) A Portaria nº 232, de 08 de maio de 2012, do Inmetro, adota, no Brasil, a primeira edição luso-brasileira do Vocabulário Internacional de Metrologia – Conceitos fundamentais e gerais e termos associados (VIM 2012), baseado na 3ª edição internacional do VIM _ *International Vocabulary of Metrology – Basic and general concepts and associated terms – JCGM 200:2012*, elaborada pelo Bureau Internacional de Pesos e Medidas (BIPM), pela Comissão Internacional de Eletrotécnica (IEC), pela Federação Internacional de Química Clínica e Medicina Laboratorial (IFCC), pela Cooperação Internacional de Acreditação de Laboratórios (Ilac), pela Organização Internacional de Normalização (ISO), pela União Internacional de Química Pura e Aplicada (Iupac), pela União Internacional de Física Pura e Aplicada (Iupap) e pela Organização Internacional de Metrologia Legal (OIML), com a devida adaptação ao idioma berasiliero, às reais condições existentes no País e às já consagradas pelo uso. (Disponível em: <http://goo.gl/CM8fGR>).

CAPÍTULO 13

COOPERAÇÃO PARA P&D E INOVAÇÃO: EVIDÊNCIA EMPÍRICA PARA O USO DE INFRAESTRUTURA LABORATORIAL[1]

Gilson Geraldino Silva Júnior[2]

1 INTRODUÇÃO

A cooperação para P&D e inovação é parte de um debate mais amplo, a nível mundial, sobre Sistemas Nacionais de Inovação e, a nível nacional, sobre políticas públicas para o desenvolvimento tecnológico.

Sobre Sistema Nacional de Inovação, a compilação feita por Fagerberg, Mowery e Nelson (2005) se concentra nos sistemas dos Estados Unidos, da Europa e do Japão. Daquela revisão, destacamos para o contexto deste capítulo que nos sistemas de inovação há várias instituições interagindo; que a essência da pesquisa e desenvolvimento (P&D) é feita nas universidades e organizações de pesquisa públicas; que as redes de inovação são muito importantes, como bem exemplifica o projeto Genoma Humano, no qual os dois consórcios construíram uma rede de colaboradores em larga escala, compartilhando infraestrutura; que a chamada *big science*, ou pesquisa de grande porte, requer recursos que nenhuma instituição, pública ou privada, tem sozinha. Outros exemplos nestes termos são o projeto do Grande Colisor de Partículas de Hádrons, na Suíça; o telescópio Hubble; e a rede de telescópios terrestres no Chile. Além disso, destaca-se que o arranjo dos Sistemas de Inovação varia. O dos Estados Unidos tem forte influência da National Science Foundation e dos equivalentes a ministérios da Defesa, da Saúde e de Energia, bem como tem escala elevada de pesquisa e cadeias conectadas. O do Japão tem forte influência do Ministério da Tecnologia (Miti), e priorizou eletrônicos e telecomunicações. A Europa tem programas "multinacionais", no sentido de criar redes de pesquisa que envolvem vários países europeus em torno de grandes projetos.

1. Agradeço à Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação, Regulação e Infraestrutura (Diset), do Ipea, pelo apoio; a Glaucia Ferreira e ao Leandro Veloso pela assistência com os bancos de dados da Pintec; ao João Renato Falcão pela assistência com os bancos de dados do *survey*; e a Flávia Squeff, a Graziela Zucoloto e ao Alexandre Messa pelos comentários pormenorizados à uma versão anterior deste texto. Eventuais erros ou imprecisões são responsabilidade do autor.

2. Economista e pesquisador. Professor adjunto do Departamento de Economia e Relações Internacionais da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). *E-mail*: <gilsongsj@gmail.com>.

Da compilação feita por Hall e Rosemberg (2010), ressaltamos as especificidades setoriais da inovação, como computação e internet; além destas, é destaque o uso de nanotecnologias, indústria farmacêutica, biotecnologias, energia e agricultura e P&D militar e inovação. Destaca-se igualmente a evolução das pesquisas empíricas sobre inovação – em grande medida, devido ao emprego da microeconometria, à utilização de computadores e *softwares* econométricos mais poderosos e à disponibilidade de microdados sobre inovação, como o Community Innovation Survey (CIS) europeu e a Pesquisa de Inovação (Pintec) brasileira.

Em relação ao debate nacional sobre políticas públicas para o desenvolvimento tecnológico, vale lembrar que a fronteira tecnológica foi debatida como área estratégica em pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) para o Brasil na IV Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (CNCTI), de cuja agenda destacamos a importância do uso de materiais avançados, da aplicação da nanotecnologia e biotecnologia e quais os impactos econômicos das novas tecnologias sobre segurança alimentar, combustíveis fósseis, saúde e fortalecimento da P&D nas empresas.

A síntese dos debates para formulação de políticas de Estado para ciência, tecnologia e inovação (CT&I) para o desenvolvimento sustentável, que envolveram civis e militares, setores público e privado, cientistas e empresários, além da diplomacia, está no *Livro azul* e na edição 31 da *Revista Parcerias Estratégicas*, de dezembro de 2010, do Centro de Gestão de Estudos Estratégicos (CGGE), que publicou as discussões feitas durante a IV Conferência de Maio de 2010.

Do *Livro azul*, destacamos a ênfase no uso das tecnologias portadoras do futuro e de outras energias. A nanotecnologia e a biotecnologia, juntamente com as novas formas de energia, particularmente as bioenergias, terão papel relevante na indústria no futuro, como na fabricação de materiais nanoestruturados e na produção de biofármacos e de energia fotovoltaica, eólica e nuclear (CGEE, 2010a, p. 51). Entre os impactos econômicos das mudanças provocadas por estas tecnologias, destacamos, do mesmo livro, as perspectivas de dinâmica tecnológica e concorrência mais intensas, haja vista os padrões dos últimos trinta anos, que deixa claro que competição e investimento em CT&I estão totalmente conectados (CGEE, 2010a, p. 28). De fato, a inovação foi apontada na Conferência Nacional de 2010 como o principal motor do desenvolvimento (CGEE, 2010b, p. 30) – algo já apontado por Romer (1990). Na edição especial da *Revista Parcerias Estratégicas*, encontramos mais detalhes do debate sobre inovação, fronteira tecnológica e seus impactos econômicos.

> Nos últimos vinte anos, a biotecnologia criou mais de duzentas novas terapias e vacinas, incluindo produtos para o tratamento do câncer, diabetes, HIV/Aids e doenças autoimunes. Existem mais de quatrocentos medicamentos

> e vacinas obtidos por rotas biotecnológicas atualmente em ensaios clínicos com direcionamento a mais de duzentas doenças, incluindo a doença de Alzheimer, doenças cardíacas, diabetes, esclerose múltipla, Aids e artrite. A biotecnologia é responsável por centenas de testes de diagnóstico médico, dos mais sofisticados até o simples teste de gravidez (Cruz, 2010, p. 206).

Além da saúde, há impactos da biotecnologia na agricultura, energia, meio ambiente, indústria de transformação, entre outros. Tudo isso movimenta trilhões de dólares pelo mundo.

Cabe destacar, ainda, que muito se descobriu desde que o projeto Genoma Humano foi finalizado, em 2003. À época, cerca de 1% do DNA foi devidamente analisado; e cerca de 98% ainda precisava de análise mais detalhada. Este "resíduo" motivou o projeto Encode,[3] ou Encyclopedia of DNA Elements, iniciado em 2007 por um consócio de 442 cientistas de 31 laboratórios. Resultados divulgados em setembro de 2012, distribuídos em cerca de trinta artigos nos periódicos científicos *Nature*, *Science*, *Genetic Research* e *Genome Biology* e alardeados pela imprensa leiga revelam, entre outras coisas, a importância do DNA regulatório e uma nova era para a saúde humana.

Com relação à nanotecnologia, um paradigma de produto nanotecnológico é o pneu usado em automóveis e equipamentos de transportes. Ele incorpora uma grande quantidade de resultados de pesquisa e desenvolvimento tecnológico nas escalas molecular e macromolecular, suas propriedades dependem criticamente de estruturas com dimensões inferiores a 100 nm. A pesquisa sobre as nanoestruturas formadoras das borrachas e o impacto destas sobre as suas propriedades contribuiu para a compreensão plena do fenômeno elasticidade, fundamentando a premiação do Nobel de Química, em 1974, para Paul Flory e para a criação de materiais e estruturas dotados de propriedades sem precedentes, criticamente dependentes do tamanho das nanoestruturas formadoras (Galembeck, 2010, p. 251).

Muitos outros produtos tão essenciais à vida humana quanto o pneu e igualmente fabricados em grandes quantidades compartilham das mesmas características: usam matérias-primas abundantes na natureza, renováveis ou não, cuja exploração tem grande impacto econômico, ambiental e estratégico, e suas propriedades dependem criticamente de nanoestruturas que são continuamente aperfeiçoadas graças à pesquisa sobre essas nanoestruturas, que, por sua vez, exigem infraestrutura de pesquisa sofisticada, laboratórios em particular.

Assim, boa parte do esforço global de P&D em nanotecnologia está ligado a setores industriais de grande porte, como materiais para construção civil e mecânica; equipamentos de transporte, energia, comunicação e informação;

3. Para mais detalhes sobre o projeto Encode, ver: <http://www.genome.gov/10005107>.

saúde humana; além de agricultura, fertilizantes, mineração de grande porte e recuperação ambiental.

Notam-se, ainda, a presença de novas empresas, criadas para explorar as oportunidades geradas pelas nanotecnologias; e a necessidade de interação entre academia e empresa, pois não basta o resultado científico da nanopesquisa, este deve estar atrelado à possibilidade de criar algum produto (Galembeck, 2010, p. 252-254).

O Plano Brasil Maior, lançado em agosto de 2011, com o lema "Inovar para competir. Competir para crescer", incorpora muito do debate da IV CNCTI, na medida em que estabelece entre suas orientações estratégicas "estímulo à inovação e à competitividade da indústria nacional" e "ampliação e criação de regimes especiais para adensamento produtivo e tecnológico das cadeias de valor " (Brasil, 2011, p. 7).

Nada do esperado e diagnosticado na IV CNCTI e no Plano Brasil Maior ocorrerá, claro, sem infraestrutura para CT&I nos padrões dos países líderes, muito menos sem entendermos a relação entre cooperação para P&D e inovação para o uso de infraestrutura laboratorial.

Nesse contexto, este capítulo tem dois objetivos:

1) analisar se o uso de infraestrutura laboratorial impacta na decisão de fazer pesquisa e desenvolvimento e de inovar das empresas da indústria brasileira de transformação a partir de dados da Pintec para as edições 2003, 2005 e 2008.[4] Consideramos os impactos dos usos direto (cooperação em si) e indireto (uso de fontes de informação) de infraestrutura laboratorial sobre decomposições da P&D (contínuo, interno e externo) e da inovação (se em produto ou processo, se para firma ou mercado, se para o Brasil ou para o mundo). Atentamos ainda para o efeito do objeto da cooperação e da localização da fonte de informação, se no Brasil ou no exterior; e

2) complementar ao objetivo anterior, verificar qual o impacto da cooperação laboratório-empresa para CT&I sobre a utilização de infraestrutura laboratorial, servindo-se das informações de uma pesquisa desenvolvida pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), em parceria com o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e o Ipea (doravante MCTI/CNPq/Ipea), cujos detalhes estão em De Negri e Squeff (2014).

4. A edição 2011 da Pintec não foi disponibilizada em tempo hábil para utilização neste estudo.

Nem todos os estudos sobre cooperação para P&D e/ou inovação envolvem infraestrutura de pesquisa,[5] laboratorial em particular, para pesquisa, desenvolvimento e inovação. O foco do projeto, em geral, e o deste capítulo, em particular, são raros, além de a maneira como foram abordados aqui, até onde sabemos, ser inédita. Esses aspectos dão a este estudo quatro peculiaridades: *i)* tradicionalmente, a cooperação para pesquisa e desenvolvimento é analisada considerando-se inovação total ou P&D total. Aqui, analisamos várias dimensões da inovação e da P&D, algo importante, como destaca Schmiedeberg (2008); *ii)* a maioria dos estudos sobre cooperação para inovação ou P&D foca na interação com fornecedores, clientes e concorrentes, este destaca a coadjuvação nos usos direto e indireto da infraestrutura laboratorial para produção de P&D e inovação; *iii)* enquanto a quase totalidade da evidência empírica recente para este tema é em corte transversal, as aqui apresentadas foram obtidas a partir de um painel desbalanceado, algo importante para a qualidade da evidência empírica, conforme ressaltam Faria, Lima e Santos (2010); e *iv)* apresentamos um conjunto de resultados sobre a relação laboratório-empresa mais refinado que o equivalente para outras nações, graças ao *survey* produzido pelo MCTI, CNPq e Ipea, que é inédito para o Brasil e tem características únicas em relação a outros estudos desta natureza realizados em outros países.

A evidência empírica obtida com os dados da Pintec mostra que a cooperação direta ou indireta no uso de infraestrutura laboratorial é efetivamente relevante para P&D externa e contínua, que a interação com instituições estrangeiras é baixa e que as universidades são instituições particularmente importantes para a cooperação entre as alternativas aqui consideradas. Já para a inovação, o maior grau de complexidade da atividade inovadora requer mais informação – universidades e institutos de pesquisa estão entre as instituições mais relevantes para cooperação para inovação, e os objetos de cooperação mais significativos são P&D e ensaios para teste.

A evidência empírica obtida com os dados do *survey* sugere: *i)* que os laboratórios da amostra são utilizados sistemática e continuamente, porém com utilização contínua para um fim específico não tão elevada; *ii)* que equipar os laboratórios é em geral relativamente barato, mas mantê-los é em geral relativamente caro; e *iii)* que a cooperação dos laboratórios com as empresas do Brasil é o dobro da cooperação com as empresas do exterior. Além disso, sugere que a atividade laboratorial contínua relevante para fins de cooperação com empresas é a pesquisa;

5. Segundo o plano de trabalho desta pesquisa, infraestrutura de pesquisa é "o conjunto de instalações físicas e condições materiais de apoio, como equipamentos, recursos materiais e serviços, utilizados pelos pesquisadores para a implementação de atividades de pesquisa e desenvolvimento. São exemplos de infraestruturas de pesquisa: laboratórios, biotérios, redes de informática de alto desempenho, bases de dados, coleções biológicas, observatórios, navios de pesquisa, plantas-piloto, reservas e estações experimentais e bibliotecas".

que a prestação de serviços (técnico-científicos ou tecnológicos) e a pesquisa estão associadas a laboratórios acreditados; e que os custos de equipar ou manter, via de regra, não afetam a probabilidade de utilização da infraestrutura laboratorial. Este conjunto de evidências indica que o uso focado de infraestrutura laboratorial e a cooperação com empresas estão significativamente associados.

Além desta introdução, que sintetiza os principais elementos deste estudo, tem mais três seções. A seção 2 apresenta o debate recente sobre o tema em tela. Na seção 3, a evidência empírica obtida, em que comentamos as bases de dados, as variáveis e os filtros; apresentamos e comentamos as estatísticas descritivas e os resultados e as interpretações das regressões. Já a seção 4 aponta as conclusões.

2 O DEBATE RECENTE

2.1 Importância da infraestrutura laboratorial

Cabe destacar inicialmente as perspectivas americana, europeia e brasileira sobre a importância da infraestrutura laboratorial.

Do lado americano, em meados dos anos 1940, o governo concluiu que não poderia depender da ciência europeia para o desenvolvimento civil e o militar dos Estados Unidos. Um sistema nacional de inovação eficiente, com a adequada infraestrutura para ciência e inovação, tinha que ser construído.

Em 17 de novembro de 1944, o presidente Roosevelt encaminhou uma carta ao diretor do Escritório de Pesquisa e Desenvolvimento Científico dos Estados Unidos com questões sobre ciência e tecnologia civil e militar. O contexto das duas grandes guerras europeias e a necessidade de soluções rápidas e inéditas para problemas complexos por parte dos Estados Unidos influenciaram tanto as questões encaminhadas quanto as respostas oferecidas – respostas estas que recomendaram com urgência um programa de governo para a ciência americana. A principal conclusão do relatório *Science: the endless frontier. A report to the president*, de 1945, que ficou conhecido como "relatório Bush", foi: o progresso científico é essencial, tanto no âmbito civil quanto no militar.

No âmbito civil porque novos produtos, novos setores da economia e mais emprego requerem adição contínua de conhecimento, particularmente das ciências da natureza, e aplicações para fins práticos. No âmbito militar porque deveria ter mais pesquisa militar em tempos de paz, em maior quantidade e qualidade. Logo, é essencial que cientistas civis contribuam para pesquisas militares em tempos de paz, ainda que de forma não tão intensa quanto o fizeram em tempos de guerra. Por fim, estava claro que somente o governo americano poderia empreender pesquisas militares, haja vista o sigilo, a ausência de valor comercial para a maioria dos resultados e os altos custos. O governo americano não teria como escapar da sua

obrigação de dar apoio às pesquisas militares, e os Estados Unidos não poderiam mais depender da Europa como fonte indispensável de conhecimento[6].

Como até 1945 não havia uma política nacional americana para ciência, o relatório Bush recomendou forte e urgentemente: *i)* a criação de uma agência, a National Research Foundation para estes propósitos; *ii)* o investimento em capital humano para produzir ciência básica e para aplicá-la para fins civis e militares; *iii)* o financiamento público para ciência básica; e *iv)* a observância de cinco princípios para fomentar a pesquisa – criar fundos estáveis; possuir agências de fomento com corpo técnico composto somente com pessoas qualificadas para ciência e educação; tal agência deveria financiar pesquisa apenas através de bolsas ou contratos, e não poderia ter laboratórios próprios, deveria apoiar pesquisa básica em instituições de ensino superior públicas e privadas; e garantir a liberdade e independência para pesquisar (Bush, 1945, p. 36-38).

O relatório Bush estabelecia, então, os fundamentos do sistema nacional de inovação norte-americano. A partir daí, surgiria um esforço para inovação que colocaria os Estados Unidos na liderança tecnológica civil e militar.

A história dos laboratórios nacionais americanos pode ser dividida em dois períodos. Um abrange o intervalo de 1945 a 1980, quando estiveram envolvidos em pesquisa interna e suporte à pesquisa em empresas e universidades, mas não estavam formalmente preocupados com a comercialização de tecnologias. Outro, a partir de 1980, quando há substancial mudança na legislação que permite envolvimento dos laboratórios federais americanos na comercialização de tecnologia. As principais leis são *Stevenson-Wydler Act* e *Bayh-Dole Act*, ambas de 1980 e consideradas complementares. Depois vieram regras adicionais, resultantes de acordos de colaboração, que tornaram mais claro o tratamento da propriedade intelectual. Entre estas, podem-se citar *The National Cooperative R&D Act of 1984*, *The Federal Technology Transfer Act of 1986*, *The National Competitiveness Technology Transfer Act of 1989* e *The National Cooperative Research and Production Act of 1993*. Estas regras criaram a possibilidade de uso de vários canais de transferência de tecnologia para os laboratórios federais americanos. Entre os canais formais, o patenteamento e o licenciamento exclusivo, ou não, de patentes. Entre os canais menos formais, a transferência de tecnologia via *spin-offs*, a ida de cientistas dos laboratórios para as empresas e os acordos entre empresas e laboratórios (Adams, Chiang e Jensen, 2003). Em suma, a partir dos anos 1980, os Estados Unidos

6. No original: *"New products, new industries, and more jobs require continuous additions to knowledge of the laws of nature, and the application of that knowledge to practical purposes"* (Bush, 1945, p. 6). *"There must be more - and more adequate - military research in peacetime. It is essential that the civilian scientists continue in peacetime some portion of those contributions to national security which they have made so effectively during the war"* (*op. cit.*, p. 7). *"It is clear that only Government can undertake military research for it must be carried on in secret, most of it has no commercial value, and it is expensive. The obligation of Government to support research on military problems is inescapable" (op. cit., p. 19). "We can no longer count on ravaged Europe as a source of fundamental knowledge"* (*op. cit.*, p. 25).

criaram uma política de transferência de tecnologia e flexibilizaram o uso dos direitos de propriedade intelectual.

Do lado europeu, no fim dos anos 1960, o então lado capitalista se organizava para minimizar assimetrias e articular melhor o seu sistema nacional de inovação, do qual os Estados Unidos dependiam mais do que gostariam. A Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), criada em 14 de dezembro de 1960, logo no início das suas atividades, manifestou preocupação tanto com os novos padrões tecnológicos quanto com as diferenças de padrões tecnológicos entre seus membros.[7] Já em 1964, houve o primeiro encontro de ministros de Ciência e Tecnologia da OCDE, encontro este que se repetiu em 1966. Daí surgiu a série de estudos *The gaps in technology between member countries*, cujas estatísticas orientariam as discussões futuras sobre inovação. Foram consideradas prioridades à época: instrumentos científicos, componentes eletrônicos, computadores eletrônicos, plásticos, produtos farmacêuticos e metais não ferrosos (OCDE, 1968) – não por acaso, setores nos quais as empresas europeias conseguiram substancial liderança mundial.

Desde então, a OCDE aprimorou as ferramentas de formulação de políticas para inovação, implementando, entre outras coisas, metas de gastos com P&D. Os efeitos dos choques de curto prazo (como a crise financeira de 2008) e longo prazo (como as mudanças demográficas) sobre a inovação colocaram as economias da OCDE perante desafios sem precedentes. Com orçamentos extremamente restritos, os governos estão mobilizando todos os recursos para garantir um crescimento forte e sustentável – em particular, as oportunidades que a internet e os mercados globais oferecem e os principais ativos dos respectivos países, tais como capital humano, conhecimento e criatividade. Nesta agenda de tempos de crise, a inovação continua a ter importância fundamental (OCDE, 2012).

Assim, na segunda metade do século XX, os governos dos Estados Unidos e da então Europa Ocidental se movimentaram para implementar ou ampliar seus sistemas nacionais de inovação, movimentação esta que prossegue neste início do século XXI, conforme detalham Edquist (2005); Mowery e Sampat (2005); Soete, Verspagen e Well (2010).

Do lado brasileiro, há iniciativas para fomentar a ciência básica e melhorar a qualidade do ensino superior em âmbito federal que começam em 1920 (ano de criação da atual Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, seguida pela atual Universidade Federal – UFMG, em 1927) e se expandem substancialmente na década de 1960 (Barroso e Fernandes, 2006), com a criação do CNPq[8] e da

7. Ver lista de membros da OCDE e data de ingresso em: <http://goo.gl/TBN24U>. Acesso em: 10 abr. 2014.
8. Para mais informações sobre a criação do instituto, ver: <http://goo.gl/9W7IRu>. Acesso em: 10 abr. 2014.

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes),[9] ambos em 1951, e da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa),[10] em 1973, que teria e tem importante função nas pesquisas agrícolas.

O CGEE (2010c) fez uma síntese descritiva das instituições de ciência, tecnologia e inovação brasileiras de destaque e agrupou os 130 atores selecionados no Sistema Nacional de CT&I da seguinte forma: Embrapa (39 unidades); Fundação Oswaldo Cruz – Fiocruz (onze unidades); Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEM (sete unidades); Sistema do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (dezenove unidades); Sistema de Pesquisa e Inovação em Saúde (seis unidades); Sistema de Pesquisa e Inovação em Defesa (seis unidades); Energia (três unidades); e Tecnologia da Informação e Comunicação – TIC (oito unidades). No âmbito estadual, o Brasil tem os institutos tecnológicos estaduais (treze unidades) e as organizações estaduais para pesquisa agropecuária (dezoito unidades).

Mesmo excluindo-se os laboratórios de pesquisa das 49 universidades federais brasileiras nas 27 Unidades da Federação (UFs)[11] e das principais universidades estaduais e privadas, que não estão no levantamento do CGEE (2010c), há quantidade substancial de instituições envolvidas em CT&I em nichos importantes para a economia brasileira.

Em síntese, a preocupação com infraestrutura de pesquisa, laboratorial em particular, para P&D e inovação nos Estados Unidos e na Europa remonta ao início do século XX. São muitos os atores selecionados no Sistema Nacional de CT&I no Brasil, mas desconhecemos evidência empírica para o Brasil sobre cooperação entre empresas e infraestruturas de pesquisa para P&D e inovação.

A seguir, apresentamos uma revisão das literaturas teórica e empírica sobre a cooperação para P&D e inovação. Seguimos o curso natural dos trabalhos sobre inovação tecnológica, que iniciaram com o debate sobre determinantes e impactos da P&D e avançaram para determinantes e impactos da inovação.

2.2 Cooperação para P&D

Sempre houve alguma cooperação para realização de atividades de P&D entre empresas e instituições de pesquisa, mas nos últimos vinte anos foi significativamente ampliada, como consequência da crescente complexidade, dos riscos e dos custos da inovação. As firmas que se comprometem com o processo de inovação passam a necessitar de cooperação para P&D para obter *expertise* que não pode ser gerada

9. Para mais informações, ver: <http://goo.gl/UV8vUX>. Acesso em: 10 abr. 2014.

10. Para mais informações, ver: <http://goo.gl/nYeHWf>. Acesso em: 10 abr. 2014.

11. Essas universidades estão assim distribuídas pelas regiões geográficas brasileiras: cinco na região Centro-Oeste; nove na região Norte; onze na região Sul; quinze na região Nordeste; e dezenove na região Sudeste. Das dezenove localizadas na região Sudeste, onze estão em Minas Gerais. Para mais informações, ver: <http://goo.gl/3L0Pyr>. Acesso em: 23 out. 2014.

na própria firma. Colaboração em P&D com outras empresas e instituições é fundamental para, por exemplo, utilização de recursos externos, transferência eficiente de conhecimentos, troca de recursos e aprendizado organizacional ou acordos em nichos de pesquisa bem definidos. Caso ocorra, deixa clara a estabilidade e a adaptação dos recursos necessários, e que ativos complementares e recursos podem ser combinados para gerar sinergias (Becker e Dietz, 2004).

De maneira geral, pode-se dizer que o que motiva a cooperação em P&D entre as empresas é o financiamento conjunto de P&D, a redução de incerteza, reduzir custos e obter economias de escala e escopo. E o que desmotiva a cooperação é a coordenação de rotinas organizacionais e estilos distintos, combinar ativos e recursos complementares, fixar preços de bens intangíveis – como informação e *know-how* – e especificar a apropriação dos resultados da P&D conjunta (Becker e Dietz, 2004).

De fato, é cada vez mais rara a realização de atividades de P&D pelas firmas com base somente no próprio esforço. Mesmo as grandes organizações inovadoras não conseguem avançar somente com os próprios recursos. Elas também adquirem conhecimento externo enquanto desenvolvem suas inovações, o que é feito, por exemplo, via licenciamento, terceirização de P&D, aquisição de empresas ou contratação de pesquisadores qualificados com conhecimento relevante. A simultaneidade do uso dos conhecimentos interno e externo pelas empresas sugere que estas atividades são complementares, uma vez que o conhecimento interno amplia os ganhos daquele adquirido externamente, e o acesso ao *know-how* externo amplia a eficiência das atividades internas de P&D (Cassiman e Veugelers, 2006).

Além disso, P&D podem ser organizados em diferentes formas, como atividades internas à empresa, ou externas; como contratação de projetos de P&D; ou como cooperação com institutos de pesquisa ou outras empresas. Logo, é pertinente analisar as decomposições da P&D, e não o conjunto agregado em "P&D total". As estratégias inovadoras das empresas seriam, portanto, muito particulares e complexas, variando de empresa para empresa, conforme o padrão de interação, para gerar complementaridade entre as atividades internas e externas de P&D. Neste contexto, as parcerias em P&D exploram as vantagens intrínsecas, como ganhos de eficiência, compartilhamento de custos e riscos, acesso ao conhecimento externo e o controle dos fluxos de conhecimento. As atividades externas e internas de P&D podem ser, assim, complementares ou substitutas (Schmiedeberg, 2008).

Por fim, a regulação ambiental aumentou substancialmente no final do século XX e se consolida neste início do século XXI. As severas punições contra comportamentos ambientalmente danosos encorajam as empresas a controlarem os efeitos das suas atividades sobre o meio ambiente para reduzir os riscos sobre a reputação e evitar custos adicionais cada vez mais significativos. Dada a natureza

sistêmica e complexa das chamadas "inovações ambientais", nestes casos a peculiar cooperação em P&D com parceiros externos é, via de regra, mais importante que a introdução de outras inovações (De Marchi, 2012).

Há evidência empírica recente sobre cooperação para P&D para vários países, como Alemanha (Becker e Dietz, 2004; Schmiedeberg, 2008), Bélgica (Cassiman e Veugelers, 2006), Espanha (De Marchi, 2012), França (Negassi, 2004) e Japão (Okamuro, Kato e Honjo, 2011).

Becker e Dietz (2004) analisaram a cooperação para P&D na indústria de transformação germânica a partir de informações do Mannheim Innovation Panel (MIP),[12] edição 1993, que cobre os anos de 1990 a 1992. Das 2.048 empresas da amostra, 37% tinham algum arranjo interorganizacional com um ou mais parceiros para desenvolver novos produtos conjuntamente, sendo que 61% tinham no máximo três parceiros. Cerca de 29% das empresas tinham acordos de P&D entre quatro e seis parceiros e 10% colaboravam com sete ou mais parceiros. A cooperação varia entre setores, refletindo sua complexidade tecnológica. Por exemplo, 17% das empresas alemãs cooperaram para P&D no setor de madeira e 53%, no de veículos automotores. A evidência econométrica em corte transversal mostra que a cooperação afeta positivamente P&D.

Schmiedeberg (2008) também analisou a cooperação para P&D na indústria de transformação germânica, mas a partir de informações do *Community Innovation Survey* (CIS 3), edição 2001, que cobre os anos de 1998 a 2000. Testou se as atividades internas e externas (contratação de projetos de P&D ou cooperação com institutos de pesquisa ou outras empresas) de P&D são substitutas ou complementares. A evidência empírica em corte transversal obtida a partir de regressões *logit* para uma amostra de 689 empresas sugere significativa complementaridade entre P&D interno e cooperação para P&D, mas deixa em dúvida se há complementaridade entre P&D interno e P&D externo.

Cassiman e Veugelers (2006) analisam a complementaridade entre os *inputs* das atividades inovadoras para as empresas da indústria de transformação belga. Para verificar a relação entre P&D interno e aquisição externa de conhecimento, utilizam a seção para Bélgica do CIS edição1993.

As estatísticas descritivas das informações coletadas de 269 empresas[13] mostram que 237 empresas (88%) são firmas inovadoras que têm atividade de P&D

12. O MIP é a seção alemã do CIS, o equivalente europeu da Pintec. O CIS, por sua vez, tem várias semelhanças metodológicas com a Pintec. Por exemplo, são selecionadas empresas com pelo menos dez empregados, com viés para as inovadoras; as variáveis qualitativas se referem aos três anos anteriores ao da edição da pesquisa; e as variáveis quantitativas têm informações referentes ao ano anterior da pesquisa.

13. Os questionários foram enviados para 1.335 empresas, sendo que 714 responderam. Destas, 445 firmas eram inovadoras e 269 enviaram questionários sem *missing values*.

própria e orçamento para P&D; e que 194 empresas (72%) são firmas inovadoras que adquirem P&D externo, sendo que 88 (33%) compram licenças, 100 (37%) contratam P&D, 44 (16%) adquirem tecnologia através de compra de empresas (*take-over*) e 113 (42%) adquirem tecnologia através de contratação de pesquisadores qualificados com conhecimento relevante.

A evidência econométrica em corte transversal sugere que atividades internas de P&D e aquisição de conhecimento externo são atividades inovadoras complementares, mas o grau de complementaridade é sensível aos elementos relevantes do ambiente estratégico das empresas, em particular universidades e centros de pesquisa, como fonte de informação no processo de inovação.

No caso da Espanha, De Marchi (2012) explora a relação entre inovações ambientais e cooperação para P&D na indústria de transformação espanhola. A evidência empírica em corte transversal foi obtida com os dados do Painel Espanhol de Inovação Tecnológica (Pitec),[14] edição 2007, que cobre o período 2005-2007 e tem informações para 11.594 empresas.

O questionário, porém, não foi concebido para investigar "inovação verde". A pergunta "importância da redução dos impactos ambientais ou melhorias na saúde e segurança", importância esta que pode ser nula, baixa, média ou alta, é uma *proxy* para "inovação verde" e foi usada como variável dependente qualitativa, sendo 1, se a empresa respondeu importância média ou alta, ou 0, se respondeu importância nula ou baixa. Esta *proxy* automaticamente separa as empresas que fizeram inovação verde das que não fizeram. A principal variável explicativa é "cooperação para inovação com parceiros externos". Estes parceiros podem ser: *i)* fornecedores de equipamentos, materiais, componentes ou *softwares*; *ii)* clientes ou consumidores; *iii)* competidores ou outros de empresas no mesmo setor; *iv)* consultores, *laboratórios comerciais ou laboratórios privados de P&D*; *v) universidades* e outras instituições de educação superior; *vi) instituições públicas de pesquisa*; e *vii) centros tecnológicos*. Variáveis de controle, como tamanho da empresa segundo o número de empregados, também foram utilizadas.

Nessa amostra, 76,3% das empresas foram consideradas inovadoras e 47,4% fizeram "inovação verde". Estes percentuais variam substancialmente entre os setores, evidenciando heterogeneidade transversal, como há muito reportado na literatura sobre inovação. A evidência econométrica em corte transversal sugere que a cooperação é importante para a inovação, mas a cooperação com parceiros externos é mais importante para a "inovação verde" que para as "inovações não verdes".

14. O Pitec é um painel desbalanceado sobre inovação produzido pelo Instituto Nacional de Estatística (INE) da Espanha em colaboração com a Fundação Espanhola de Ciência e Tecnologia (Fecyt) e a Fundação para Inovação Tecnológica (Cotec), e segue a metodologia do CIS.

Negassi (2004) analisa os determinantes da cooperação para P&D na França a partir de um painel desbalanceado com 1.763 empresas inovadoras em quatorze setores selecionados para o período 1989-1996. As informações foram obtidas a partir da combinação de sete bases de dados.[15] Dada as características particulares destes bancos de dados, foi possível utilizar variáveis pouco comuns na literatura: a variável dependente é vendas de produtos inovadores e a explicativa é orçamento para cooperação em P&D.

A literatura sugere que o conhecimento obtido através da cooperação para P&D tem efeito positivo e significativo sobre o desempenho e a evolução das empresas. A evidência empírica obtida por Negassi (2004), todavia, não confirma este resultado. O efeito da cooperação para P&D no desempenho das empresas francesas é positivo, mas não tem significância estatística. É importante ressaltar que o uso de varáveis monetárias contínuas é problemático, pois os valores gastos ou recebidos não captam toda a dimensão do processo inovador ou de cooperação. Logo, é possível erro de medida ou subestimação da efetiva magnitude da relação entre cooperação para P&D e desempenho das empresas.

Por fim, Okamuro, Kato e Honjo (2011) analisam os determinantes para cooperação em P&D nas *star-ups* japonesas, a partir de um *survey* de 2008 específico sobre o tema, e concluem que as características particulares do fundador da *start-up*, tais como *background* educacional, produto inovador *a priori* e filiação a associações acadêmicas, são muito importantes na determinação da cooperação para P&D com instituições acadêmicas, universidades e centros públicos de pesquisa em particular. Ou seja, a familiaridade do gestor com o processo de inovação gerador de resultados e com o meio acadêmico é fator determinante do sucesso da cooperação para P&D nas *start-ups*, talvez a mais frágil de todas as categorias de empresas inovadoras.

Em suma, apesar de farta evidência empírica, via de regra em corte transversal, os resultados são muito heterogêneos. As diferenças entre os resultados são na verdade fonte de dúvida sobre a robustez da relação entre P&D e cooperação para P&D, haja vista a grande sensibilidade às especificações econométricas, aos controles das regressões em particular, aos filtros feitos nas bases de dados e ao tamanho das amostras, que variam entre duzentas e 2 mil empresas.

15.As sete bases de dados utilizadas para construir o painel desbalanceado são: *i)* Enquête Annuelle d'Entreprises (EAE), feita pelo Service des Statistiques Industrielle-Ministère de l'Économie des Finances et de l'Industrie (Sessi), que contém informações financeiras e econômicas; *ii*) o Appropriation and Diffusion Survey, também feito pelo Sessi, é o equivalente do Yale Study para firmas francesas; *iii)* os dados de qualificação por trabalhador do Institut National des Statstiques (INSEE); *iv)* o The European Community Innovation Surveys (CIS 1 e CIS 2); *v)* os dados de gastos com P&D por firma do Ministère de l'Education National, de la Recherche et de la Technologie (MENRT); *vi)* os dados de patentes por firma do The Sciences and Technics Observatory (OST); e *vii)* os dados do Ministério das Finanças da França sobre subsidiárias estrangeiras localizadas na França e as transferências tecnológicas entre as firmas francesas e estrangeiras.

2.3 Cooperação para inovação

Na interpretação de Tether (2002), os arranjos cooperativos para inovação, incluindo alianças tecnológicas estratégicas, foram o foco de considerável atenção teórica e empírica nos anos 1980 e 1990. Várias análises assumem que estes arranjos representam novas formas de organizar a inovação tecnológica. A existência de arranjos colaborativos formais, porém, não é novidade. Entre as possibilidades interativas, destacam-se alianças tecnológicas estratégicas, arranjos colaborativos para P&D e redes de inovação.

No nível mais básico, as firmas constroem um arranjo colaborativo para inovação porque elas não têm internamente todos os recursos necessários, incluindo conhecimento, e/ou porque elas querem reduzir os riscos associados ao processo inovador, incluindo os riscos de transbordamentos tecnológicos. Estas razões podem não só ser simultâneas, como podem se inter-relacionar. Por exemplo, trabalhar com consumidores aumenta as chances de outros consumidores aceitarem a inovação, pois reduz a ignorância das firmas sobre as necessidades dos futuros clientes, ampliando a confiança e reduzindo os riscos associados à colocação de produtos inovadores no mercado. Ainda segundo Tether (2002), os principais arranjos cooperativos para inovação estariam nas cadeias de suprimentos e além das cadeias de suprimentos.

Na cooperação para inovação com as cadeias de suprimentos, estão clientes e fornecedores. No caso dos clientes, entre as vantagens da cooperação, estão maior conhecimento das necessidades dos consumidores, incluindo, eventualmente, o uso técnico de *know-how*; balancear preço e desempenho; e entender o comportamento do usuário, algo importante para refinar a inovação, pois isso aumenta as chances de a inovação ser aceita e adotada por outras empresas em uma mesma comunidade. As vantagens das relações de cooperação com os fornecedores são parecidas com as dos clientes, com um detalhe adicional: a empresa tem que decidir se vai fazer ou comprar (Tether, 2002).

Na cooperação para inovação, além das cadeias de suprimento, estão os competidores, as *universidades*, os consultores, os *institutos de pesquisa*, as organizações de pesquisa e tecnologia entre outros. No caso do Reino Unido, desde o final do século XX, as universidades e os institutos de pesquisa públicos estão sob considerável pressão para sair da tradicional geração de conhecimento científico para a produção de conhecimento e entrar na geração de conhecimento científico para solução de problemas. Precisaram se aproximar da indústria e produzir pesquisas "industrialmente relevantes" para aumentar a competitividade da indústria britânica. Como consequência, as instituições de ensino superior britânicas aumentaram tanto o nível quanto a participação na P&D produzida no Reino Unido (Tether, 2002).

Na visão de Tomlinson (2010), sob "condições puras de mercado", a inovação em cadeias verticais de produção é pouco provável devido aos custos de transação e às dificuldades de apropriabilidade.

Do ponto de vista dos custos de transação, a cooperação bem-sucedida para produção de novas tecnologias vai depender da confiança entre as firmas e das relações contratuais apropriadas. Contratos de longo prazo, volume alto de trocas e frequência elevada de interações entre as firmas são usados para evitar comportamento oportunista e facilitar alianças sustentáveis (Tomlinson, 2010).

Do ponto de vista da apropriabilidade, por um lado, as externalidades positivas associadas aos transbordamentos tecnológicos e à difusão do conhecimento dificultam a plena apropriação dos ganhos das atividades inovadoras. Neste contexto, tanto as firmas na cadeia de valor quanto os competidores podem "pegar carona" nos benefícios da tecnologia e/ou informação. Por outro lado, com informação imperfeita, os fornecedores podem ter dificuldade em reter o pleno valor da inovação, uma vez que os vendedores usualmente querem avaliá-la antecipadamente, o que invariavelmente envolve transferência de conhecimento de difícil recuperação. Este excesso de cautela pode reduzir o esforço inovador das empresas. Novamente a cooperação entre firmas oferece uma potencial solução para este problema, haja vista que a reunião de recursos ao longo da cadeia produtiva permite, ao mesmo tempo, proteger suas tecnologias e aprimorar coletivamente a apropriabilidade das inovações (Tomlinson, 2010).

Promover laços cooperativos, porém, é mais fácil de dizer do que de fazer. Tais laços são invariavelmente resultado de acordos conjuntos, confiança mútua e compreensão entre as firmas, elementos que nem sempre estão presentes e que, quando estão, podem ser facilmente rompidos. Além disso, a coordenação dos recursos entre as firmas pode ser problemática, particularmente quando as sinergias dos recursos entre elas não são transparentes e mudam facilmente com as circunstâncias (Tomlinson, 2010).

Já Robin e Schubert (2013) ressaltam que a riqueza das sociedades modernas, particularmente no longo prazo, está baseada em crescente produção e amplo acesso ao conhecimento. Como consequência, há necessidade recorrente de novas descobertas e difusão destas para a geração de valor. As interações entre indústria e ciência são consideradas a principal forma institucional de transferência de conhecimento. A teoria do crescimento endógeno corrobora tal assertiva. A abordagem dos sistemas de inovação vai destacar que as relações entre os atores do processo de geração de conhecimento são centrais para o comportamento inovador da sociedade. E a teoria da hélice tríplice vai apontar a importância das relações institucionais entre ciência, indústria e governo para a difusão do conhecimento.

A colaboração formal entre empresas e instituições públicas de pesquisa, por ser uma forte conexão, tem, por um lado, um papel central na formulação de políticas de ciência e tecnologia e merece, portanto, atenção particular. Logo, é razoável dizer que as instituições de pesquisa públicas são moldadas pelas políticas promotoras de ciência, uma vez que os governos têm controle pelo menos parcial destas, ao mesmo tempo que são responsáveis por implementá-las. Por outro lado, a evolução das políticas promotoras de ciência está levando-as ao encontro das políticas industriais, tornando as políticas promotoras de ciência mais "orientadas para o mercado". Ao mesmo tempo, as pesquisas baseadas em contratos e indicadores de desempenho vêm ganhando cada vez mais importância; e a P&D das firmas vem cada vez mais de arranjos cooperativos com institutos de pesquisa. As parcerias público-privadas tornaram-se, inquestionavelmente, o referencial da cooperação para inovação (Robin e Schubert, 2013).

Em suma, nos anos recentes, houve crescente interesse em arranjos cooperativos para inovação, cuja ocorrência depende pouco da firma e muito da ação coletiva. O debate recente sobre cooperação para inovação destaca vários aspectos destas conexões, mas não remete claramente para o uso de infraestrutura laboratorial, foco deste trabalho, cuja relevância é tácita.

Com relação à evidência empírica recente sobre cooperação para inovação, destacamos quatro estudos: dois para o Reino Unido (Tether, 2002; Tomlinson, 2010), outro para Portugal (Faria, Lima e Santos, 2010) e um estudo conjunto para França e Alemanha (Robin e Schubert, 2013).

A evidência empírica em corte transversal obtida por Tether (2002) detectou padrões de cooperação entre firmas inovadoras britânicas e parceiros externos a partir do CIS2, 1997, que cobre o período de 1994 a 1996, para indústria e serviços no Reino Unido. Das 2.342 firmas que responderam ao *survey*, 68% eram da indústria de transformação e 32%, do setor de serviços. O filtro aplicado restringiu a análise a 1.270 empresas que se engajaram em atividades inovadoras e deram detalhes sobre terem ou não algum tipo de arranjo cooperativo para inovação com os parceiros externos.

De uma maneira geral, o fato de a firma ser "nova"[16] não influencia na ocorrência de cooperação externa, mas o setor serviços de baixa tecnologia afeta negativamente. Já o tamanho (*log* natural do número de empregados em 1994), firma ser parte de um grupo de propriedade britânica, ser de propriedade estrangeira ou ser da indústria de alta ou média tecnologia ou serviços de alta tecnologia afetam positivamente a ocorrência de cooperação externa. Porém, os resultados são muito sensíveis quando restritos ao tipo de parceiro usado na cooperação externa

16. Ou seja, estabelecida entre 1994 e 1996, os anos que as variáveis qualitativas da pesquisa cobrem.

(clientes, fornecedores, competidores, universidades, consultores), não sendo possível detectar um padrão.

Complementando o trabalho de Tether (2002) para o Reino Unido, Tomlinson (2010) analisa os impactos dos arranjos cooperativos sobre o desempenho inovador das empresas britânicas a partir de dados de um *survey* de 2008 com respostas completas de 436 firmas[17] em cinco setores estratégicos da indústria britânica, sendo três de modernos (aeroespacial, tecnologia da informação e saúde) e dois tradicionais (cerâmica e têxtil).

Esse *survey* contém informações que captam a escala e as várias dimensões do comportamento cooperativo e da inovação, tanto em produto quanto em processo, permitindo capturar o efeito de laços cooperativos fortes em um espectro de atividades inovadoras conjuntas – algo fundamental do ponto de vista das relações entre as empresas e dos parceiros na cadeia produtiva.

Considerando, por hipótese, que cooperação causa inovação, detectou-se que a cooperação com o fornecedor em produto e em processo tem impacto positivo e significativo tanto para a ocorrência de inovação em geral quanto para a inovação em produto e quanto para a inovação em processo. Já a cooperação com competidores tem efeito negativo. Os resultados variam substancialmente de setor para setor. Curiosamente entre os mais tradicionais – cerâmica e têxtil – a significância da cooperação para inovação foi maior que para os mais sofisticados – aeroespacial, TIC e saúde.

Em suma, a evidência empírica em corte transversal sugere que os laços de cooperação vertical são importantes para explicar os níveis do desempenho inovador. Sugere também que é a força do laço de cooperação, e não simplesmente sua existência, o fator efetivamente determinante da *performance* inovadora.

Faria, Lima e Santos (2010) analisam a importância da cooperação dos parceiros para o desenvolvimento das atividades de inovação a partir dos microdados da seção portuguesa do CIS3, concluído em 2001 e que cobre as atividades de inovação referentes ao período 1998-2000. A amostra toda tem 766 firmas, sendo que 140 inovam e cooperam. As estimativas, usando o modelo Probit, sugerem que a cooperação com outras empresas do mesmo grupo e com os fornecedores impactam positiva e significativamente na decisão de cooperar. Além disso, as estimativas sinalizam que empresas com maior capacidade de absorver inovações, de exportar; e com intensidade inovadora são parte de um grupo; ainda, as que dão importância ao gerenciamento da apropriabilidade têm maior probabilidade de participar de arranjos cooperativos para inovação.

17. Foram enviados questionários para 2.537 empresas, mas somente 436 (17,2%) retornaram com respostas completas. As respostas se referem aos três anos comerciais anteriores ao *survey*: 2005-2006, 2006-2007 e 2007-2008.

A partir da comparação de quatro estimativas em corte transversal, Robin e Schubert (2013) analisam os impactos da cooperação, particularmente com institutos públicos de pesquisa, sobre inovação em produto e processo nas firmas da França e da Alemanha, utilizando as microdados das edições 2004 e 2008 do CIS para aqueles países.

Entre os principais resultados empíricos, estão: *i)* a cooperação entre empresas e institutos públicos aumenta a inovação em produto, mas não afeta a inovação em processo, talvez por depender de uma postura mais "aberta" das empresas; *ii)* a inovação em produto é maior na Alemanha que na França; *iii)* os resultados para 2004 e 2008 são muito parecidos, corroborando a hipótese de característica estrutural da inovação e da cooperação, portanto, pouco variantes no curto prazo.

Robin e Schubert (2013) destacam ainda que parcerias público-privadas em pesquisa não devem ser encorajadas a qualquer custo, uma vez que nem sempre afetam todos os tipos de inovação e que mudanças institucionais demoram a ter efeito. As que foram feitas na Alemanha e na França, entre 2004 e 2008, não provocaram mudanças estatisticamente significativas nos resultados de 2008 em relação aos de 2004.

Em suma, apesar da farta evidência empírica, via de regra em corte transversal, os resultados são também muito heterogêneos e fonte de dúvida sobre a robustez da relação entre inovação e cooperação para inovação, haja vista a grande sensibilidade às especificações econométricas, aos controles das regressões em particular, aos filtros feitos nas bases de dados e ao tamanho das amostras.

3 A EVIDÊNCIA EMPÍRICA A PARTIR DE DADOS DA PINTEC

Neste estudo, utilizamos informações da Pesquisa de Inovação Tecnológica (Pintec), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), edições 2003, 2005 e 2008, que são metodologicamente compatíveis com o Comunity Innovation Survey (CIS) usado em vários países da Europa. Como no CIS, as perguntas qualitativas da Pintec retroagem alguns anos. Na pesquisa de 2003, referem-se às atividades realizadas em 2001, em 2002 e em 2003; na edição de 2005, às atividades realizadas em 2004 e 2005; e na versão 2008, 2006, 2007 e 2008. Entre as empresas inovadoras, filtramos aquelas que desenvolveram P&D,[18] excluindo as que tinham projetos incompletos ou abandonados.[19] Ficamos, assim, somente com as empresas que efetivamente iniciaram e terminaram P&D no período analisado.

18. Resposta à pergunta 24, tomando como referência o questionário da Pintec edição 2005.
19. Respostas às perguntas 22 e 23.

Utilizamos dois conjuntos de variáveis dependentes: *i)* decomposições da P&D (contínuo, interno, externo)[20]; e *ii)* decomposições da inovação (se em produto ou processo, se para firma ou mercado, se para o Brasil ou para o mundo).[21]

Como variáveis explicativas, indicadores de uso direto (cooperação em si)[22] e indireto (uso de fontes de informação)[23] de infraestrutura laboratorial. Atentamo-nos, ainda, para o efeito do objeto da cooperação[24] e da localização da fonte de informação,[25] se no Brasil ou no exterior. Assim, a partir destas três edições da Pintec, criamos um painel desbalanceado com 7.046 firmas efetivamente envolvidas em P&D.

Analisar a decomposição da inovação e P&D em vez da totalidade permite detectar as nuances destas atividades que não são perceptíveis com a informação agregada. Por um lado, a atividade de P&D requer continuidade; por outro, há significativa diferença entre atividades internas e externas à empresa.

Pelas características intrínsecas aos componentes da P&D, espera-se maior intensidade de cooperação no uso de infraestrutura laboratorial nas atividades externas ou contínuas. E pelas peculiaridades dos componentes da inovação, espera-se maior intensidade de cooperação no uso da infraestrutura laboratorial no esforço inovador para o produto, para o mercado e para o mundo do que para o processo, para a firma e para o Brasil. Dado que a indústria brasileira é pouco integrada ao resto do mundo, espera-se maior cooperação com infraestrutura laboratorial localizada no Brasil que com aquela localizada no exterior. Vejamos os resultados.

A tabela 1 traz a lista de variáveis dependentes e explicativas e informa a frequência na amostra em percentual. Das cerca de 7 mil firmas efetivamente envolvidas em P&D, 88,6% fizeram P&D interno. Este percentual aparentemente alto é compatível com os filtros que fizemos. Neste mesmo grupo, 25,25% fizeram P&D externo e 44,87%, P&D contínuo. Com relação à inovação, 81,72% das empresas inovaram em produto; 64,55%, em processo; 80,21% inovaram do ponto de vista da firma; 33,69% inovaram para o mercado; 68,34% inovaram para o Brasil; mas apenas 2,37% fizeram inovações consideradas inéditas a nível mundial.

20. Respostas às perguntas 25 e 44.

21. Respostas às perguntas 10, 11, 16 e 17.

22. Respostas às perguntas 140 e 141. Sendo 1 = respondeu ou alta ou média ou baixa; e 0 = caso contrário. É difícil saber se quem respondeu realmente sabe a dimensão exata da importância da atividade, mas é razoável imaginar que está claro se houve ou não houve a atividade.

23. Respostas às perguntas 115, 116 e 117. Sendo 1 = respondeu ou alta ou média ou baixa; e 0 = caso contrário. É difícil saber se quem respondeu realmente sabe a dimensão exata da importância da atividade, mas é razoável imaginar que está claro se houve ou não houve a atividade.

24. Respostas às perguntas 154 e 155.

25. Respostas às perguntas 127, 128 e 129. Sendo 1 = Brasil, 0 = caso contrário; 1 = exterior e 0=caso contrário.

Sobre as fontes de informação, *proxy* para o uso indireto de infraestrutura laboratorial, 38,14% das firmas usaram as provenientes de universidades e institutos de pesquisa; 32,43%, de centros de capacitação profissional e assistência técnica; e 38,37%, de instituições de testes, ensaios e certificações. Estas fontes de informação podem estar localizadas no Brasil ou no exterior. Assim, entre as universidades e os institutos de pesquisa, temos, respectivamente, 37,34% e 2,02%; entre os centros de capacitação, 31,68% e 1,01%; e entre instituições de testes, 37,04% e 2,28%.

Com relação à cooperação para inovação em si, *proxy* para o uso direto de infraestrutura laboratorial, 10,06% foram feitas com universidades e institutos de pesquisa e 5,89%, com centros de capacitação profissional e assistência técnica. Já o objeto da cooperação para inovação está assim distribuído entre universidades e centros, respectivamente: das empresas que focaram em P&D, 6,82% e 1,55%; das que precisaram de assistência técnica, 1,46% e 1,47%; das que buscavam treinamento, 2,69% e 3,37%; das que pretendiam desenho industrial, 0,63% e 0,33%; e das que queriam fazer ensaio para teste de produto, 4,34% e 1,37%.

Em suma, a distribuição de frequência dessa amostra revela que: *i)* há mais uso indireto de infraestrutura laboratorial que uso direto – um resultado que faz sentido, pois, muitas vezes, durante a pesquisa e desenvolvimento, falta apenas uma informação relevante para a empresa dar prosseguimento aos trabalhos, dispensando refazer experimentos já realizados; *ii)* o pouco uso de instituições localizadas no exterior é compatível com nossa *priori*; e *iii)* os objetos de cooperação mais relevantes são P&D e ensaios para testes de produtos com colaboração de universidades e institutos de pesquisa.

TABELA 1
Variáveis dependentes e explicativas e frequência na amostra
(Em %)

Dependentes	(%)
P&D interno	88,66
P&D externo	25,25
P&D contínuo	44,87
Inovação em produto	81,72
Inovação em processo	64,55
Inovação para a firma	80,21
Inovação para o mercado	33,69
Inovação para o Brasil	68,34
Inovação para o mundo	2,37

(Continua)

(Continuação)

Explicativas	
Fontes de informação	
Universidades e institutos de pesquisa	38,14
Centros de capacitação profissional e assistência técnica	32,43
Instituições de testes, ensaios e certificações	38,37
Localização das fontes de informação	
Universidades e institutos de pesquisa – Brasil; exterior	37,34; 2,02
Centros de capacitação – Brasil; exterior	31,68; 1,01
Instituições de testes – Brasil; exterior	37,04; 2,28
Cooperação para inovação	
Universidades e institutos de pesquisa	10,06
Centros de capacitação profissional e assistência técnica	5,89
Objeto da cooperação para inovação	
P&D – universidades; centros	6,82; 1,55
Assistência técnica – universidades; centros	1,46; 1,47
Treinamento – universidades; centros	2,69; 3,37
Desenho industrial – universidades; centros	0,63; 0,33
Ensaio para teste de produto – universidades; uentros	4,34; 1,37

Fonte: IBGE (2005; 2007; 2010).
Elaboração do autor.

A possibilidade de relação sistemática entre as variáveis dependentes e explicativas foi testada através de quatro regressões em painel, divididas em dois grupos, A e B, apresentados a seguir, pelo método Probit com efeitos aleatórios, intercepto e coeficientes constantes, estimadas por máxima verossimilhança – uma opção metodológica bastante utilizada em regressões com amostras grandes e variável dependente discreta, cujos detalhes estão em Cameron e Trivedi (2006). O sinal e a significância dos parâmetros β indicam se a variável associada aumenta, diminui ou simplesmente não impacta na probabilidade de a firma ter ou não realizado a atividade de P&D ou inovação em questão. O subescrito *k* indica o tipo de inovação ou P&D e *it*, a i-ésima empresa na amostra no ano *t*.

$$(A)\ P\&D_{kit} = \beta_0 + \beta_1 \text{Universidades e institutos de pesquisa}_{it} + \beta_2 \text{Centros de capacitação}_{it} + \varepsilon\iota_t \quad (1)$$

$$(A)\ P\&D_{kit} = \beta_0 + \beta_1 \text{UniversidadesBR}_{it} + \beta_2 \text{UniversidadesEXT}_{it} + \beta_3 \text{CentrosBR}_{it} + \beta_4 \text{CentrosEXT}_{it} + \beta_5 \text{InstituiçõesBR}_{it} + \beta_6 \text{InstituiçõesEXT}_{it} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

$$(A)\ P\&D_{kit} = \beta_0 + \beta_1 \text{Universidades e institutos de pesquisa}_{it} + \beta_2 \text{Centros de capacitação}_{it} + \varepsilon\iota_t \quad (3)$$

$$
\begin{aligned}
&(A)\ P\&D_{kit} = \beta_0 + \\
&\beta_1 \text{Universidades e institutos de pesquisa} - P\&D_{it} + \\
&\beta_2 \text{Universidades e institutos de pesquisa} - \text{assistência técnica}_{it} + \\
&\beta_3 \text{Universidades e institutos de pesquisa} - \text{treinamento}_{it} + \\
&\beta_4 \text{Universidades e institutos de pesquisa} - \text{desenho industrial}_{it} + \\
&\beta_5 \text{Universidades e institutos de pesquisa} - \text{ensaio para teste}_{it} + \\
&\beta_6 \text{Centros de capacitação} - P\&D_{it} + \\
&\beta_7 \text{Centros de capacitação} - \text{assistência técnica}_{it} + \\
&\beta_8 \text{Centros de capacitação} - \text{treinamento}_{it} + \\
&\beta_9 \text{Centros de capacitação} - \text{desenho industrial}_{it} + \\
&\beta_{10} \text{Centros de capacitação} - \text{ensaio para teste}_{it} + \varepsilon_{it}
\end{aligned} \tag{4}
$$

$$
\begin{aligned}
&(B)\ \text{INOVAÇÃO}_{kit} = \beta_0 + \beta_1 \text{Universidades}_{it} \text{ e} \\
&\text{institutos de pesquisa} + \beta_2 \text{Centros de capacitação}_{it} + \varepsilon_{it}
\end{aligned} \tag{1}
$$

$$
\begin{aligned}
&(B)\ \text{INOVAÇÃO}_{kit} = \beta_0 + \beta_1 \text{UniversidadesBR}_{it} + \\
&\beta_2 \text{UniversidadesEXT}_{it} + \beta_3 \text{CentrosBR}_{it} + \beta_4 \text{CentrosEXT}_{it} + \\
&\beta_5 \text{InstituiçõesBR}_{it} + \beta_6 \text{InstituiçõesEXT}_{it} + \varepsilon_{it}
\end{aligned} \tag{2}
$$

$$
\begin{aligned}
&(B)\ \text{INOVAÇÃO}_{kit} = \beta_0 + \beta_1 \text{Universidades e} \\
&\text{institutos de pesquisa}_{it} + \beta_2 \text{Centros de capacitação}_{it} + \varepsilon_{it}
\end{aligned} \tag{3}
$$

$$
\begin{aligned}
&(B)\ \text{INOVAÇÃO}_{kit} = \beta_0 + \\
&\beta_1 \text{Universidades e institutos de pesquisa} - P\&D_{it} + \\
&\beta_2 \text{Universidades e institutos de pesquisa} - \text{assistência técnica}_{it} + \\
&\beta_3 \text{Universidades e institutos de pesquisa} - \text{treinamento}_{it} + \\
&\beta_4 \text{Universidades e institutos de pesquisa} - \text{desenho industrial}_{it} + \\
&\beta_5 \text{Universidades e institutos de pesquisa} - \text{ensaio para teste}_{it} + \\
&\beta_6 \text{Centros de capacitação} - P\&D_{it} + \\
&\beta_7 \text{Centros de capacitação} - \text{assistência técnica}_{it} + \\
&\beta_8 \text{Centros de capacitação} - \text{treinamento}_{it} + \\
&\beta_9 \text{Centros de capacitação} - \text{desenho industrial}_{it} + \\
&\beta_{10} \text{Centros de capacitação} - \text{ensaio para teste}_{it} + \varepsilon_{it}
\end{aligned} \tag{4}
$$

As equações de regressão (1) e (2) captam os impactos do uso indireto de infraestrutura laboratorial e as (3) e (4), do uso direto. As informações mais relevantes estão sumariadas nas tabelas 1A a 4B do anexo. Em todas elas, temos observações referentes às 7.046 empresas.

A tabela 1A tem os resultados referentes à equação de regressão (1)A. Percebemos que o uso indireto da infraestrutura laboratorial oriunda de universidades

e institutos de pesquisa, centros de capacitação profissional e assistência técnica ou instituições de testes, ensaios e certificações não tem relação sistemática com a P&D interna,[26] mas tem efeito positivo e significativo para P&D externa – o que faz sentido, pois a atividade de P&D externa é estruturalmente troca de informações. O uso de fontes de informação de universidades e centros de capacitação aumenta a probabilidade de P&D contínua. Centros de capacitação, porém, não têm efeito sobre esta decomposição da P&D.

A tabela 1B tem os resultados referentes à equação de regressão (1)B. Percebemos que o uso das fontes de informação aqui disponíveis aumenta a probabilidade de inovação em processo; entre as alternativas consideradas, somente universidades e institutos de pesquisa não afetam a ocorrência de atividade inovadora em produto e para o Brasil; o uso de fontes de informação não é relevante para inovação para firma, mas é relevante para inovação para o mercado, sinalizando que o maior grau de complexidade da atividade inovadora requer mais informação; e inovação para o mundo não está associada ao uso de informações oriundas de centros de capacitação.

A tabela 2A tem os resultados referentes à equação de regressão (2)A. Nela consideramos se a localização da fonte de informação (Brasil ou exterior) afeta a probabilidade de ocorrência de uma das atividades de P&D. No caso da P&D interna, o efeito é nulo ou negativo, mas para P&D externa é positivo e significativo, exceto para os centros de capacitação profissional e assistência técnica localizados no Brasil, o que confirma o resultado anterior, ou seja, a atividade externa de P&D é intensa em troca de informações. A magnitude dos parâmetros sugere que a troca de informações com universidades no Brasil tem mais impacto sobre a atividade de P&D externa que o uso de informações vindas de universidades no exterior, talvez por conhecerem melhor as peculiaridades da atividade de P&D no Brasil. Já o uso de informações de instituições de teste, o oposto: as do exterior são mais importantes que as domésticas, provavelmente por terem infraestrutura melhor que as nacionais.

A tabela 2B tem os resultados referentes à equação de regressão (2)B. Nela consideramos se a localização da fonte de informação (Brasil ou exterior) afeta a probabilidade de ocorrência de uma das atividades de inovação. Estas decomposições, em grande medida, confirmam os resultados anteriores: o uso das fontes de informação aqui disponíveis aumenta a probabilidade de inovação em processo, exceto as oriundas de universidades e institutos de pesquisa e centros de capacitação, ambos no exterior; somente universidades e institutos de pesquisa no Brasil não afetam a ocorrência de atividade inovadora em produto e para o Brasil; o uso de fontes de informação não é relevante para inovação para firma, mas é relevante

26. É razoável imaginar que P&D interno requer estrutura própria. Sendo assim, é natural que tais empresas não usem estrutura externa direta ou indretamente regularmente a ponto de constituir uma relação empírica sistemática.

para inovação para o mercado, exceto as oriundas de centros de capacitação, independentemente da localização, conformando que o maior grau de complexidade da atividade inovadora requer mais informação; e inovação para o mundo não está associada ao uso de informações oriundas de centros de capacitação e instituições de testes, ensaios e certificações localizadas no Brasil.

Na tabela 3A, têm-se os resultados referentes à equação de regressão (3)A. Nela consideramos o efeito do uso direto de infraestrutura laboratorial em universidades e institutos de pesquisa e centros de capacitação profissional e assistência técnica. As universidades revelam-se importantes para as atividades de P&D externa e contínua, enquanto que centros de capacitação são mais relevantes para P&D interna e externa. A magnitude dos parâmetros sugere que a cooperação com universidades é mais importante que a cooperação com centros de capacitação para P&D externa. Assim como no uso indireto de infraestrutura laboratorial, através de troca de informações, o uso direto, por meio de cooperação, se revela mais intenso em P&D externa.

Na tabela 3B, têm-se os resultados referentes à equação de regressão (3)B. Nela consideramos o efeito do uso direto de infraestrutura laboratorial em universidades e institutos de pesquisa e centros de capacitação profissional e assistência técnica. Universidades e institutos de pesquisa aumentam a probabilidade de ocorrência de todos os tipos de inovação, exceto inovação para o Brasil. Já os centros de capacitação são importantes apenas para inovação em processo, para o mercado e para o Brasil.

Na tabela 4A, têm-se os resultados referentes à equação de regressão (4)A, que avalia a relevância do objeto da cooperação (P&D, assistência técnica, treinamento, desenho industrial ou ensaio para teste) entre empresas e universidades ou centros de capacitação para ocorrência de P&D. Para P&D externa e contínua, estes objetos de cooperação são relevantes nos dois tipos de instituições disponíveis na pesquisa. Para P&D interna ou ocasional, o oposto.

Por fim, na tabela 4B, têm-se os resultados referentes à equação de regressão (4)B, que avalia a relevância do objeto da cooperação (P&D, assistência técnica, treinamento, desenho industrial ou ensaio para teste) entre empresas e universidades ou centros de capacitação para ocorrência de inovação. Para inovação em produto, o relevante é a cooperação com universidades e institutos de pesquisa para P&D e centros de capacitação para assistência técnica. Para inovação em processo, a interação com universidades é importante para P&D e ensaios para teste, mas com os centros de capacitação, apenas para treinamento. Se a inovação é para a firma, o relevante é cooperar com universidades e institutos de pesquisa para desenho industrial e centros de capacitação para treinamento. Mas se a inovação é para o Brasil, a evidência sugere que a interação relevante é apenas centros de capacitação para treinamento. E se a inovação é para o mundo, o importante é cooperar com universidades e institutos de pesquisa para P&D e ensaios para teste.

Em suma, as regressões em painel Probit sugerem que o uso direto ou o indireto de infraestrutura laboratorial aumentam a probabilidade de ocorrência de atividades de P&D externa e contínua, nesta ordem de importância; mas não é significativa para P&D interna – o que é razoável se considerarmos a literatura associada e que a P&D requer interação sistemática, particularmente quando feita em cooperação com outras instituições.

Essas evidências estão de acordo com o debate recente, na medida em que mostram a importância da colaboração em P&D com outras empresas e instituições para utilização de recursos externos e transferência eficiente de conhecimentos – aspecto destacado por Becker e Dietz (2004). Em particular, a cooperação afetar positivamente P&D está de acordo com evidência encontrada para a Alemanha; e a sensibilidade aos elementos relevantes do ambiente estratégico das empresas, em particular universidades e centros de pesquisa, como fonte de informação no processo de inovação está de acordo com evidência encontrada para a Bélgica.

As regressões em painel Probit sugerem, ainda, que o maior grau de complexidade da atividade inovadora requer mais informação; universidades e institutos de pesquisa estão entre as instituições relevantes para cooperação para inovação, e os objetos de cooperação mais significativos são P&D e ensaios para teste.

Tais evidências também estão de acordo com o debate recente sobre este tema, na medida em que também mostram a importância da colaboração em inovação com outras empresas e instituições para utilização de recursos externos e transferência eficiente de conhecimentos.

3.1 A evidência empírica a partir de dados do survey

Há poucos estudos empíricos sobre impactos de infraestrutura laboratorial em P&D e/ou inovação. Adams, Chiang e Jensen (2003) estudaram a influência de P&D desenvolvido em laboratórios federais americanos sobre o patenteamento de resultados gerados em laboratórios industriais nos Estados Unidos,[27] cujo volume de recursos alocados em pesquisa laboratorial foi de US$ 26 bilhões em 1995, ou 14% dos gastos americanos com P&D. Um montante maior que aquele gasto em P&D em todas as universidades americanas e maior que o orçamento de vários países.

27. As informações para o estudo de Adams, Chiang, Jensen (2003) vieram de três fontes: um *survey* sobre laboratórios para tecnologias industriais, de 1996; um *survey* sobre laboratórios do governo para P&D, de 1998; e informações complementares da Standard and Poors (Compustat, 1994). Para o *survey* de 1996, selecionaram-se quinhentas empresas nos setores química, maquinaria, equipamentos elétricos e fabricantes de motores. Deste grupo, foram selecionadas aleatoriamente duzentas empresas, proprietárias de seiscentos laboratórios. Obtiveram resposta de 220 laboratórios de 115 empresas, o que equivale a uma taxa de resposta dos laboratórios de 37%. O *survey* de 1998 é complementar ao de 1996 e, partindo dos mesmos laboratórios de empresas, identificaram interação dos laboratórios das empresas com 69 laboratórios do governo federal americano.

Os autores verificaram que a taxa de patenteamento do laboratório das empresas é negativamente afetada pelo fato de o laboratório ser usado prioritariamente para testes; e que, se há contratos com o governo federal americano, é positivamente afetada pelo fato de o laboratório estar dentro da indústria, pelo orçamento para P&D – total e decomposições, ou seja, a parte financiada pela empresa e a parte financiada pelo governo – e pela existência de acordos tipo Cooperative Research and Development Agreements (Crada).[28]

Já o orçamento dos laboratórios, total e decomposições (recursos das empresas ou fundos federais), é negativamente afetado pelo fato de o laboratório ser usado prioritariamente para testes; pelo fato de o laboratório estar dentro da indústria; e se houver contratos com o governo federal americano; e positivamente afetado pela existência de acordos tipo Crada e pelo número de cientistas PhDs trabalhando no laboratório.

Ou seja, a evidência empírica obtida por Adams, Chiang e Jensen (2003) sugere que Crada é o principal canal de transferência de tecnologia dos laboratórios federais americanos para as empresas dos Estados Unidos. Com Crada, os laboratórios industriais patenteiam mais, têm gastos maiores de P&D financiado pela firma e retornam mais resultados para seus parceiros federais. Esta evidência está de acordo com o esperado pela implementação do Stevenson-Wydle Act, nos anos de 1980, e das demais legislações complementares, incluindo o Crada, que objetivavam dar fundamentos legais para a pesquisa conjunta entre empresas e laboratórios industriais.

Para verificar qual o impacto da cooperação laboratórios-empresa para CT&I sobre a utilização de infraestrutura laboratorial brasileira, utilizamos informações da pesquisa *Sistema Nacional de Inovação e Infraestrutura de CT&I no Brasil*, conduzida pela parceria MCTI, CNPq e Ipea, cujos detalhes estão em De Negri e Squeff (2014). Em particular, características dos equipamentos e *softwares*, incluindo custos; as principais atividades do laboratório; cooperação com empresas; prestação de serviços técnico-científicos; acreditação; custos; e receitas. No referido *survey*, é possível identificar se este é usado para atividades de pesquisa, atividades de ensino, desenvolvimento de tecnologias, prestação de serviços tecnológicos e/ou extensão tecnológica. Há também informações sobre "prestação de serviços técnico-científicos".

Essas variáveis são *proxys* para a utilização da infraestrutura laboratorial, e serão as variáveis dependentes na especificação econométrica. A informação foi agregada como uma variável binária, sendo que 1 indica que a infraestrutura laboratorial foi usada continuamente para uma daquelas finalidades; e 0, não houve uso contínuo – mas pode ter tido uso ocasional ou não uso.

28. Crada é um dos instrumentos decorrentes do *Stevenson-Wydler Technology Innovation Act of 1980* e do *Federal Technology Transfer Act of 1986*. Mais detalhes sobre Crada, ver: <http://goo.gl/Nj184q>. Acesso em: 10 abr. 2014.

A cooperação com empresas é a principal variável explicativa e também foi construída como uma variável binária, sendo que 1 indica se houve cooperação entre o laboratório e as empresas e 0, se não houve. A base de dados permite, ainda, distinguir se a cooperação é com empresas do Brasil ou do exterior.

Os custos de aquisição dos equipamentos e *softwares*, custos operacionais do laboratório e acreditação são os controles das regressões. Os custos de aquisição dos equipamentos e *softwares* dos equipamentos indicam se a infraestrutura laboratorial é "cara", no sentido de estar acima da mediana destes custos laboratoriais, ou "barata", no sentido de estar abaixo da mediana. Da mesma forma, os custos operacionais indicam se a operacionalização do laboratório é "cara" ou "barata".[29]

Finalmente, a acreditação, outra variável binária, é um indicador de qualidade do laboratório. Os laboratórios acreditados para uma ou mais finalidades operam em conformidade com critérios técnicos e padrões internacionais e são legitimados pelos serviços que prestam. Pode-se, assim, distinguir a *performance* dos laboratórios acreditados da dos não acreditados, sabendo-se, contudo, que não se podem estabelecer critérios que indiquem menor qualidade de um laboratório pela sua condição de não acreditado.

Temos, assim, a seguinte estrutura de regressão em corte transversal:

$$UIL_i = \alpha_0 + \alpha_1 co_{bri} + \alpha_2 co_{exti} + \alpha_3 ca_i + \alpha_4 cop_i + \alpha_5 ac_i + \varepsilon_i; \qquad (5)$$

em que UIL_i é uma das possíveis formas de utilização da infraestrutura laboratorial supradescrita; co_{bri} e co_{exti} são a cooperação com empresas no Brasil ou no exterior; ca_i e cop_i indicam se os custos de aquisição e os custos operacionais são "caros" ou "baratos"; ac_i indica se o laboratório é acreditado ou não; ε_i é o termo erro com as hipóteses usuais de normalidade, média zero e variância finita; e o subscrito *i* indica que os dados são em corte transversal referentes ao ano de 2012. O sinal e a significância dos parâmetros α indicam se a variável associada aumenta, diminui ou simplesmente não impacta na probabilidade de utilização da infraestrutura laboratorial devido à cooperação com empresas. Estimamos α pelo método Probit, cujos detalhes também estão em Cameron e Trivedi (2006).

A tabela 2 tem as estatísticas descritivas das variáveis acima descritas. Com relação às atividades laboratoriais pesquisadas, dos 1.760 laboratórios da amostra, 1.681 realizaram alguma atividade de pesquisa, sendo 84,53% atividade contínua. Com relação às atividades de ensino, dos 1.510 laboratórios que fizeram algo, 45,83% o fizeram continuamente; 1.201 laboratórios trabalharam no desenvolvimento de tecnologias, sendo que 51,62% deles sem interrupção; 1.207 prestaram serviços técnico-científicos, sendo quase um terço contínuos. A prestação de serviços tecno-

29. As respostas dadas às perguntas que geraram as variáveis dependentes e explicativas deste capítulo não são valores contábeis precisos e auditáveis, mas refletem a percepção dos responsáveis pelos laboratórios sobre estes quesitos.

lógicos e/ou de extensão tecnológica, no entanto, é pequena: 795 laboratórios, sendo 17% continuamente. É razoável considerar que os laboratórios possam realizar mais de uma das atividades descritas simultaneamente. Considerando a possibilidade de *mix* de atividades, temos todos os 1.760 laboratórios, sendo que 98% deles fazem algo continuamente. Ou seja, os laboratórios da amostra são utilizados sistemática e continuamente. Porém a utilização contínua para um fim específico não é tão elevada.

Com relação à cooperação, cerca de 50% dos laboratórios cooperaram com empresas do Brasil, mas apenas um quarto com empresas do exterior. Apenas 8,64% dos laboratórios são acreditados, logo, menos de 10% podem ser considerados "bons". Mais de 80% dos laboratórios têm custo operacional "caro", e menos de um quarto tem custos de aquisição dos equipamentos e *softwares* "caros". Ou seja, equipar os laboratórios é em geral relativamente barato, mas mantê-los é em geral relativamente caro. E a cooperação com as empresas do Brasil é o dobro da cooperação com as empresas do exterior.

TABELA 2
Laboratórios – estatísticas descritivas

Variáveis dependentes	Frequência (%)	Laboratórios
Atividades contínuas de pesquisa	84,53	1.681
Atividades contínuas de ensino	45,83	1.510
Desenvolvimento contínuo de tecnologias	51,62	1.201
Prestação contínua de serviços técnico-científicos	30,67	1.207
Prestação contínua de serviços tecnológicos e/ou extensão tecnológica	17,61	795
Mix de atividades laboratoriais	98,75	1.760
Variáveis explicativas		
Cooperação com empresas do Brasil	53,15	1.760
Cooperação com empresas do exterior	24,70	1.760
Laboratório acreditado	8,64	1.760
Custos de aquisição dos equipamentos e *softwares* "caros"	23,41	1.760
Custos operacionais do laboratório "caros"	86,03	1.760

Fonte: Ipea (2013).
Elaboração do autor.

A tabela 3 traz os resultados das regressões Probit em corte transversal. Queremos verificar prioritariamente se a cooperação com empresas aumenta a probabilidade de ocorrência de atividades laboratoriais, isoladamente ou de algum *mix*. Adicionalmente, checamos se outras características observáveis relevantes dos laboratórios também afetam a chance de ocorrência de atividades nos laboratórios.

Percebemos que a cooperação com empresas no Brasil aumenta a probabilidade de ocorrência contínua de atividades de pesquisa, desenvolvimento de tecnologias

e prestação de serviços tecnológicos; mas não impacta na ocorrência contínua de atividades de ensino, prestação de serviços técnicos científicos ou *mix* de atividades laboratoriais. Já a cooperação com empresas do exterior aumenta apenas a chance de ocorrência contínua de atividades de pesquisa.

O fato de o laboratório ser acreditado e, portanto, melhor, *a priori*, que os outros está positivamente associado a atividades contínuas de pesquisa, de prestação de serviços técnico-científicos e prestação de serviços tecnológicos. Mas os laboratórios com custos de aquisição dos equipamentos e *softwares* "caros" aumentam a probabilidade de ocorrência contínua apenas de atividades de pesquisa. Por fim, laboratórios com custos operacionais do laboratório "caros" aumentam apenas a chance de prestação contínua de serviços técnico-científicos.

Ou seja, a atividade laboratorial contínua mais relevante para fins de cooperação com empresas é a pesquisa. Para as outras atividades, a pesquisa tem importância secundária. A associação entre laboratórios creditados, pesquisa e prestação de serviços, sejam técnico-científicos, sejam tecnológicos, é algo que tem apelo intuitivo imediato. Já os custos de equipar ou manter, via de regra, não aumentam a probabilidade de ocorrência de atividade laboratorial, ao contrário, sugerem que ambos os custos são pouco relevantes para a ocorrência das atividades aqui consideradas, isolada ou conjuntamente. Não há registro de estudos desta natureza, logo, não é possível comparar com outras evidências para o Brasil ou para outros países.

TABELA 3
Laboratórios – regressões Probit em corte transversal

	Atividades contínuas de pesquisa	Atividades contínuas de ensino	Desenvolvimento contínuo de tecnologias	Prestação contínua de serviços técnico- científicos	Prestação contínua de serviços tecnológicos	*Mix* de atividades laboratoriais
Constante	0,70*	-0,24*	0,32*	-0,76*	-0,14*	2,73*
Cooperação com empresas do Brasil	0,28*	0,079	0,14***	-0,13	0,25***	0,34
Cooperação com empresas do exterior	0,20***	0,083	0,17**	0,078	-0,07	-0,18
Laboratório acreditado	0,16***	-0,05	0,11	0,37*	0,26**	-1,03*
Custos de aquisição dos equipamentos e *softwares* "caros"	0,17***	0,11	- 0,12	0,03	0,27	-0,22
Custos operacionais do laboratório "caros"	-0,50*	-0,12	-0,34*	1,18*	0,21	0,23
Laboratórios	1.681	1.510	1.201	1.027	795	1.760

Fonte: Ipea (2013).
Elaboração do autor.
Notas: * Nível de significância a 1%.
** Nível de significância a 5%.
*** Nível de significância a 10%.

4 CONCLUSÃO

A evidência empírica aqui obtida é consoante com o debate e as evidências recentes para os Estados Unidos e países europeus.

Por um lado, o conjunto de resultados obtidos a partir da Pintec sugere que a cooperação direta ou indireta no uso de infraestrutura laboratorial é efetivamente relevante para P&D externa e contínua; que a interação com instituições estrangeiras é baixa; e que as universidades são instituições particularmente importantes para cooperação entre as alternativas aqui consideradas. Logo, incentivos à cooperação para o uso de infraestrutura laboratorial deveriam focar na geração de P&D externa e contínua; e na interação entre empresas e universidades e empresas e instituições de testes e ensaios localizadas no exterior.

Além disso, tais resultados sinalizam que a cooperação direta ou indireta no uso de infraestrutura laboratorial é efetiva quando o grau de complexidade da atividade inovadora requer mais informação. Universidades e institutos de pesquisa estão entre as instituições relevantes para cooperação para inovação, e os objetos de cooperação mais significativos são P&D e ensaios para teste. Incentivos à cooperação para uso de infraestrutura laboratorial deveriam focar na geração de inovação em produto e para o mundo e na interação entre empresas e universidades e empresas e instituições de testes e ensaios localizadas no exterior.

Por outro lado, a evidência empírica obtida a partir do *survey* sugere que os laboratórios da amostra são utilizados sistemática e continuamente, porém com utilização contínua para um fim específico não tão elevada; que equipar os laboratórios é em geral relativamente barato, mas mantê-los é em geral relativamente caro; e que a cooperação com as empresas do Brasil é o dobro da cooperação com as empresas do exterior. Indicam também que a atividade laboratorial contínua relevante para fins de cooperação com empresas é a pesquisa; que a prestação de serviços, seja técnico-científico, seja tecnológico, e a pesquisa estão associados a laboratórios acreditados (o que tem apelo intuitivo imediato); e que os custos de equipar ou manter, via de regra, não aumentam a probabilidade de ocorrência de utilização de infraestrutura laboratorial. Este conjunto de evidências indica que o uso focado de infraestrutura laboratorial e a cooperação com empresas estão significativamente associados.

Entre estudos futuros nos termos aqui apresentados, apontamos análises setoriais, haja vista o pontencial de forte componente específico de um determinado ramo de atividade.

REFERÊNCIAS

ADAMS, J. D.; CHIANG, E. P.; JENSEN, J. L. The influence of federal laboratory R&D on industrial research. **The Review of Economics and Statistics**, v. 85, n. 4, p. 1003-1020, 2003.

BARROSO, H. M.; FERNANDES, I. R. **Uma nota técnica sobre a criação de universidades, por categoria administrativa e gestão política**. Rio de janeiro: Instituto Databrasil, 2006. (Documento de Trabalho, n. 62).

BECKER, W.; DIETZ, J. R&D Cooperation and Innovation Activities of Firms – evidence for the German manufacturing industry. **Research Policy**, v. 2, n. 33, p. 209-223, 2004.

BRASIL. Presidência da República. Plano Brasil Maior. Brasília: Presidência, 2011. Disponível em: <http://goo.gl/pgiDlX>.

BUSH, V. **Science**: the endless frontier. A Report to the President. Washington: United States Government Printing Office, 1945.

CAMERON, A. C.; TRIVEDI, P. K. **Microeconometrics**: methods and applications. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.

CASSIMAN, B.; VEUGELERS, R. In search of complementarity in innovation strategy: internal R&D and external knowledge acquisition. **Management Science**, v. 1, n. 52, p. 68-82, 2006.

CGEE – CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Livro azul da 4ª Conferência Nacional de Ciência e Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Sustentável**. Brasília: CGEE, 2010a.

_____. Parceria Estratégicas, v. 15, n. 31. *In*: CONFERÊNCIA NACIONAL DE CIÊNCIA TECNOLOGIA E INOVAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 4, 2010, Brasília, **Resumos...** Brasília: CGEE, 2010b.

_____. **Quadro de atores selecionados no Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação**. Brasília: CGEE, 2010c. (Série Documentos Técnicos, n. 06-10).

CRUZ, L. E. Biotecnologia: o Brasil e a importância em converter pesquisa em produtos comercialmente viáveis. **Parcerias Estratégicas**, v. 15, n. 31, p. 206, jul./dez. 2010. Disponível em: <http://goo.gl/FihKOf>.

DE NEGRI, F.; SQUEFF, F. H. S. **Infraestrutura científica e tecnológica no Brasil**: análises preliminares. Brasília: Ipea, 2014. (Nota Técnica, n. 21).

DE MARCHI, V. Environmental innovation and R&D cooperation: empirical evidence from Spanish manufacturing firms. **Research Policy**, v. 3, n. 41, p. 614-623, 2012.

EDQUIST, C. Systems of Innovation: perspectives and challengers. *In*: FAGERBERG, J.; MOWERY, D. C.; NELSON, R. R. (Eds.). **The Oxford Handbook of Innovation**. United Kingdom: Oxford University Press, 2005. p. 181-208.

FAGERBERG, J.; MOWERY, D. C.; NELSON, R. R. **The Oxford Hanbook of Innovation**. United Kingdom: Oxford University Press, 2005.

FARIA, P.; LIMA, F.; SANTOS, R. Cooperation in innovation activities: the importance of partners. **Research Policy**, v. 39, n. 8, p. 1082-1092, 2010.

GALEMBECK, F. Nanotecnologias, produtos da agricultura e minerais abundantes. **Parcerias Estratégicas**, v. 15, n. 31, p. 251, jul./dez., 2010.

HALL, H. B.; ROSEMBERG, N. (Eds.). **Handbook in Economics of Innovation**, Amsterdam: Elsevier, 2010.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica 2003**. Rio de Janeiro: IBGE, 2005. Disponível em: <http://goo.gl/lTR9Kg>.

_____. **Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica 2005**. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. Disponível em: <http://goo.gl/N45Nrt>.

_____. **Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica 2008**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <http://goo.gl/TlQ3hf>.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. ***Survey* sobre infraestrutura laboratorial**. Brasília: Ipea, 2013. (Notas metodológicas).

MOWERY, D. C.; SAMPAT, B. N. Universities in National Innovation Systems. *In*: FAGERBERG, J.; MOWERY, D. C.; NELSON, R. R. (Eds.). **The Oxford Handbook of Innovation**. United Kingdom: Oxford University Press, 2005. p. 209-239.

NEGASSI, S. R&D co-operation and innovation a microeconometric study on French firms. **Research Policy**, n. 33, p. 365-384, 2004.

OCDE – ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **General Report**: Gaps in Technology. Paris: OCDE, 1968.

_____ . Science, Technology and Industry Outlook. Paris: OCDE, 2012.

OKAMURO, H.; KATO, M.; HONJO, Y. Determinants of R&D cooperation in Japanese start-ups. **Research Policy**, v. 40, n. 5, p. 728-738, 2011.

ROBIN, S.; SCHUBERT, T. Cooperation with public research institutions and success in innovation: Evidence from France and Germany. **Research Policy**, n. 42, p. 149-166, 2013.

ROMER, P. M. Endogenous technological change. **Journal of Political Economy**, v. 98, n. 5, 1990. Disponível em: <http://goo.gl/6U4FQo>.

SCHMIEDEBERG, C. Complementarities of innovation activities: an empirical analysis of the German manufacturing sector. **Research Policy**, v. 37, n. 9, p. 1492-1503, 2008.

SOETE, L.; VERSPAGEN, B.; WELL, B. T. Systems of innovation. *In*: HALL, B. H.; ROSEMBERG, N. (Eds.). **Handbook of the Economics of Innovation**. Amsterdam: Elsevier, 2010. p. 1160-1178.

TETHER, B. S. Who co-operates for innovation, and why: An empirical analysis. **Research Policy**, v. 31, n. 6, p. 947-967, 2002.

TOMLINSON, P. R. Co-operative ties and innovation: Some new evidence for UK manufacturing. **Research Policy**, v. 39, n. 6, p. 762-775, 2010.

ANEXO

TABELA 1
Impactos do uso de fontes de informação
1A – Sobre pesquisa e desenvolvimento (P&D)

	Interna	Externa	Contínua
Constante	3,56*	-1,3*	0,036
Universidades e institutos de pesquisa	0,13	0,62 *	0,50*
Centros de capacitação	-0,03	0,095**	0,067
Instituições de testes, ensaios e certificações	0,14	0,30*	0,3*

Fontes: IBGE (2005; 2007; 2010).
Elaboração do autor.
Notas: * Nível de significância a 1%.
** Nível de significância a 5%.
*** Nível de significância a 10%.
Obs.: Todas as regressões têm 7.046 observações.

1B – Sobre inovação

	Produto	Processo	Firma	Mercado	Brasil	Mundo
Constante	1,22*	0,48*	1,04*	-0,78*	0,46*	-2,78*
Universidades e institutos de pesquisa	0,0061	1,89*	-0,1288**	0,48*	0,042	0,61*
Centros de capacitação	0,1132***	0,206*	0,048	0,098*	0,13*	-0,117
Instituições de testes, ensaios e certificações	0,30*	0,201*	0,29	0,36*	0,12*	0,248*

Fontes: IBGE (2005; 2007; 2010).
Elaboração do autor.
Notas: * Nível de significância a 1%.
** Nível de significância a 5%.
*** Nível de significância a 10%.
Obs.: Todas as regressões têm 7.046 observações.

TABELA 2
Impactos do uso de fontes de informação por localização da fonte – Brasil ou exterior
2A – Sobre P&D

	Interna	Externa	Contínua
Constante	3,24*	-1,26*	0,04
Universidades e institutos de pesquisa – Brasil	-0,067	0,56*	0,46*
Universidades e institutos de pesquisa – exterior	0,24	0,47*	0,97*
Centros de capacitação – Brasil	0,09	0,08	0,095
Centros de capacitação – exterior	-0,88**	0,34***	-0,36
Instituições de testes, ensaios e certificações – Brasil	0,078	0,24*	0,26*
Instituições de testes, ensaios e certificações – exterior	-0,65*	0,67*	0,15

Fontes: IBGE (2005; 2007; 2010).
Elaboração do autor.
Notas: * Nível de significância a 1%.
** Nível de significância a 5%.
*** Nível de significância a 10%.
Obs.: Todas as regressões têm 7.046 observações.

2B – Sobre inovação

	Produto	Processo	Firma	Mercado	Brasil	Mundo
Constante	1,22*	0,47*	1,04*	-0,77*	0,45*	-2,71*
Universidades e institutos de pesquisa – Brasil	0,012	0,18*	-0,07	0,43*	-0,04	0,60*
Universidades e institutos de pesquisa – exterior	-0,27***	0,18	-0,085	0,70*	-0,18**	0,51*
Centros de capacitação – Brasil	0,11**	0,21*	0,054	0,089	0,12*	-0,12
Centros de capacitação – exterior	0,70**	0,13	0,154	0,367	0,35**	-0,22
Instituições de testes, ensaios e certificações – Brasil	0,27*	0,18*	0,012	0,312*	0,13*	0,13
Instituições de testes, ensaios e certificações – exterior	0,39*	0,43*	-0,27*	0,755*	0,14***	0,38*

Fontes: IBGE (2005; 2007; 2010).
Elaboração do autor.
Notas: * Nível de significância a 1%.
** Nível de significância a 5%.
*** Nível de significância a 10%.
Obs.: Todas as regressões têm 7.046 observações.

TABELA 3
Impactos da cooperação
3A – Sobre P&D

	Interna	Externa	Contínua
Constante	3,31*	-0,97*	0,29*
Universidades e institutos de pesquisa	-0,32***	0,85*	0,91*
Centros de capacitação	0,38**	0,38*	0,097

Fontes: IBGE (2005; 2007; 2010).
Elaboração do autor.
Notas: * Nível de significância a 1%.
** Nível de significância a 5%.
*** Nível de significância a 10%.
Obs.: Todas as regressões têm 7.046 observações.

3B – Sobre inovação

	Produto	Processo	Firma	Mercado	Brasil	Mundo
Constante	1,35*	1,12***	-0,50*	1,02*	0,54*	-2,44*
Universidades e institutos de pesquisa	0,24*	0,15**	0,95*	-0,15**	-0,026	0,87*
Centros de capacitação	0,17	0,26***	0,12	0,20**	0,16**	-0,23

Fontes: IBGE (2005; 2007; 2010).
Elaboração do autor.
Notas: * Nível de significância a 1%.
** Nível de significância a 5%.
*** Nível de significância a 10%.
Obs.: Todas as regressões têm 7.046 observações.

TABELA 4
Impactos da cooperação dado o objeto da cooperação
4A – Sobre P&D

	Interna	Externa	Contínua
Constante	3,27*	-0,94*	0,30*
Universidades e institutos de pesquisa – P&D	0,72*	0,87*	0,92*
Universidades e institutos de pesquisa – assistência técnica	0,11	-0,02	0,18
Universidades e institutos de pesquisa – treinamento	0,36	0,037	0,51*
Universidades e institutos de pesquisa – desenho industrial	-0,95*	0,16	-0,13
Universidades e institutos de pesquisa – Ensaio para teste	-0,18	0,22**	0,15
Centros de capacitação – P&D	0,79	-0,26***	0,13
Centros de capacitação – assistência técnica	0,78	0,13	0,04
Centros de capacitação – treinamento	-0,52**	0,57*	0,18
Centros de capacitação – desenho industrial	-1,31***	0,44	0,83***
Centros de capacitação – ensaio para teste	0,91	-0,18	0,13

Fontes: IBGE (2005; 2007; 2010).
Elaboração do autor.
Notas: * Nível de significância a 1%.
** Nível de significância a 5%.
*** Nível de significância a 10%.
Obs.: Todas as regressões têm 7.046 observações.

4B – Sobre inovação

	Produto	Processo	Firma	Mercado	Brasil	Mundo
Constante	1,36*	0,65*	1,02*	-0,47*	0,54*	-2,34*
Universidades e institutos de pesquisa – P&D	0,19**	0,35*	-0,06	0,78*	-0,03	0,62*
Universidades e institutos de pesquisa – assistência técnica	-0,034	0,012	-0,03	-0,09	0,05	0,11
Universidades e institutos de pesquisa – treinamento	0,0002	0,11	0,034	0,15	-0,014	0,02
Universidades e institutos de pesquisa – desenho industrial	-0,03	-0,005	0,39***	-0,38***	-0,004	-0,09
Universidades e institutos de pesquisa – ensaio para teste	0,19	0,20***	-0,25*	0,46*	-0,006	0,39*
Centros de capacitação – P&D	0,15	-0,08	0,008	-0,27	0,16	0,085
Centros de capacitação – assistência técnica	0,60**	0,12	0,14	0,28	0,15	0,10
Centros de capacitação – treinamento	0,13	0,40*	0,14***	0,37*	0,14*	0,06
Centros de capacitação – desenho industrial	-0,48	-0,18	-0,25	0,12	-0,54**	0,24
Centros de capacitação – Ensaio para teste	-0,11	0,10	0,15	-0,28	-0,25*	0,12

Fontes: IBGE (2005; 2007; 2010).
Elaboração do autor.
Notas: * Nível de significância a 1%.
** Nível de significância a 5%.
*** Nível de significância a 10%.

REFERÊNCIAS

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica 2003**. Rio de Janeiro: IBGE, 2005. Disponível em: <http://goo.gl/lTR9Kg>.

_____. **Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica 2005**. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. Disponível em: <http://goo.gl/N45Nrt>.

_____. **Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica 2008**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <http://goo.gl/TlQ3hf>.

CAPÍTULO 14

POLÍTICAS DE CT&I E FINANCIAMENTO PÚBLICO À INFRAESTRUTURA DE C&T: COMPARAÇÕES INTERNACIONAIS E MAPEAMENTO DA INFRAESTRUTURA NACIONAL

Marcos Arcuri[1]

1 INTRODUÇÃO

O projeto Sistema de Inovação e Infraestrutura de Ciência,Tecnologia e Inovação no Brasil, uma parceria entre o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e o Ipea, pretende coletar informações e produzir dados que possam servir de base para análises de potencialidades e limitações do Sistema Nacional de Inovação (SNI) brasileiro, tendo como foco os laboratórios e os institutos de ciência e tecnologia (ICTs) em atividade no país. Os resultados dessas análises subsidiarão ações do Estado para o desenvolvimento econômico do país no longo prazo. Entre os objetivos específicos do projeto, estão alguns direcionados à análise das políticas públicas para a infraestrutura de ciência, tecnologia e inovação (CT&I), tais como:

- subsidiar os formuladores de políticas com informações e análises detalhadas, que possam guiar os investimentos governamentais em infraestrutura de pesquisa científica e tecnológica no país; e
- fornecer, por meio das informações coletadas e dos estudos realizados, elementos para a avaliação e o acompanhamento das políticas voltadas à ampliação e à recuperação da infraestrutura de pesquisa.

Para contemplar esses objetivos e fornecer informações que levem à concretização do objetivo geral do projeto, este capítulo tem como propósito descrever a atuação das políticas públicas para o desenvolvimento da infraestrutura de CT&I. Especificamente, serão realizadas: *i)* a identificação de metas e prioridades das políticas públicas de CT&I nacionais; *ii)* a comparação das políticas públicas para infraestrutura de CT&I do Brasil com as de outros países com sistemas de inovação consolidados; e *iii)* a descrição do financiamento público para infraestrutura de ciência e tecnologia (C&T) por meio das informações coletadas na pesquisa.

1. Pesquisador da Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação, Regulação e Infraestrutura (Diset) do Ipea.

Este trabalho é orientado pela seguinte pergunta de investigação: o modelo de financiamento público para a C&T no país dá o suporte necessário para o desenvolvimento da infraestrutura de C&T?

Na seção 2, com o propósito de contextualizar as análises e estabelecer os principais conceitos sobre o tema tratado, será feita uma revisão bibliográfica entre artigos, pesquisas e publicações de governos. Em seguida, será realizada uma comparação com políticas de outros países selecionados por sua liderança em CT&I. A caracterização do financiamento público às infraestruturas de CT&I participantes da amostra do projeto será feita na seção 4. Ao final, são apresentadas as considerações finais do autor.

2 CONTEXTUALIZAÇÃO E REVISÃO DA LITERATURA

Desde uma perspectiva histórica recente, o motor do desenvolvimento econômico e social dos países mais bem-sucedidos, em termos de bem-estar social e participação no mercado global, tem sido a inovação e todo o conhecimento gerados em um país para produzi-los (Freeman, 1995). As economias com maior produção de bens tecnológicos e alto nível de qualidade de vida em suas cidades estão em países que traçaram uma trajetória de políticas públicas e práticas culturais voltadas para a ciência e tecnologia. Em outras palavras, a atuação do governo e do setor produtivo, e não apenas das instituições de ensino e pesquisa, no fomento da C&T é decisiva para a formação e o desenvolvimento de uma economia baseada no conhecimento. No entanto, a busca pelo desenvolvimento das atividades de C&T e a consolidação do SNI envolvem a elaboração de soluções para problemas particulares de cada cenário institucional, econômico e político de um país. A identificação desses problemas, ou gargalos, que impedem o crescimento das instituições de C&T e dos setores da economia intensivos em tecnologia, é o primeiro passo para a atuação do governo por meio da formulação de políticas públicas.

A intensidade da inovação produzida em um país depende, portanto, de uma série de fatores. Um dos principais é a interação entre os três atores responsáveis pela inovação: governo, universidade e indústria. De acordo com Henry Etzkowitz, esses três atores interagem entre si formando um modelo de *hélice tríplice*, cuja principal característica em relação ao modelo linear de produção do conhecimento – que pressupõe que o caminho da produção do conhecimento científico se inicia na pesquisa básica realizada na academia, passa pelo desenvolvimento em instituições públicas ou privadas e culmina na aplicação e/ou comercialização de um produto[2] – é a transformação dos antigos e rígidos papéis na gestão da inovação exercidos

2. O modelo linear aqui mencionado foi difundido no notório relatório *Science, the endeless frontier*, de Vanevar Bush, destinado ao governo norte-americano em 1945 (Bush, 1945). O relatório descreve o modelo linear de produção de ciência e tecnologia (C&T) e defende a importância dos investimentos na pesquisa básica, como estopim para a geração de avanços tecnológicos.

pelos três atores em questão em novos papéis que possibilitam um intercâmbio de funções e aumentam a intensidade de suas relações. Nesse sentido, a universidade está mais preocupada com as aplicações do conhecimento que produz, a indústria propõe cada vez mais questões para investigação, e o governo torna-se mais ativo na promoção da relação entre essas duas partes (Etzkowitz, 2009).

O fortalecimento das instituições de ensino e pesquisa e da geração de conhecimento também pelo setor produtivo foi fator decisivo para a consolidação de economias baseadas no conhecimento. A produção industrial que vigorou até meados do século XX, baseada na capacidade de produção em escala, nos equipamentos, nas máquinas, nas plantas industriais e no volume da força produtiva, é remodelada pela crescente importância que o conhecimento e a inovação têm atualmente (Freeman, 1995). Nesse contexto, surge a concepção de SNI como meio para compreender e interpretar os processos que levam à inovação tecnológica e seu impacto nas sociedades. O conceito de SNI usado por Freeman (1995) se refere à rede de instituições dos setores público e privado, cujas atividades e interações promovem, importam, modificam e difundem novas tecnologias. Para que o SNI produza satisfatoriamente a inovação em uma sociedade, o governo e seus órgãos responsáveis pelo tema devem realizar esforços para fortalecer as instituições de ensino e pesquisa e criar as condições para que o conhecimento gerado nessas instituições flua para o setor produtivo, provocando aumento da produção de novas tecnologias (*op.cit.*).

A competitividade de um país no mercado internacional também depende de vários fatores ligados à conjuntura econômica desse mercado, a ações de seu governo e ao estágio de seu mercado interno. Freeman (2004) analisa o grau de importância da infraestrutura de C&T para o desenvolvimento da economia de uma nação e sua posição no mercado internacional. O desequilíbrio de desempenho comercial e riqueza entre as economias nacionais inseridas no mercado global é, frequentemente, apontado como uma anomalia do sistema, que deve ser corrigida por meio de intervenções diretas do governo na economia, seja na alteração das taxas de câmbio, seja na regulação dos impostos sobre o comércio e a indústria. Este autor identifica esse desequilíbrio entre as nações como uma consequência de características das políticas de seus governos e do sistema econômico que rege o mercado entre elas. Como frisa o autor, o desequilíbrio está mais próximo de ser uma regra que uma exceção. Isso se deve à distância entre o grau de desenvolvimento político-econômico dos países, distância essa que é definida pelas condições e capacidades de produção de setores como indústria, educação (ensino e pesquisa) e comércio. Analisando esses fatores, Freeman (2004) investiga um ponto específico dessas condições: a influência da infraestrutura de C&T na competitividade internacional, particularmente na organização e na mudança dos sistemas nacionais de inovação.

Para que os SNIs tenham êxito, é preciso que seja produzida inovação no âmbito acadêmico e na indústria. Os fatores necessários para que ocorra inovação, segundo Freeman (2004), são os seguintes:

- assimilação (de mudanças tecnológicas, produção e mercados);
- criação (de novos produtos, processos, sistemas e indústrias);
- *clustering* (de grupos de inovações relacionados); e
- enfrentamento dos riscos (de natureza técnica e de mercado ligados à inovação).

Em casos específicos, a análise desses fatores realizada pelo autor o leva a concluir que a sua existência e da consequente competitividade dos países no mercado internacional depende primordialmente de políticas governamentais para o desenvolvimento de infraestrutura de CT&I. O sucesso dos países líderes no mercado internacional de tecnologia está diretamente relacionado às políticas de longo prazo sustentadas por décadas, em vez da manipulação da taxa de câmbio ou de ações de curto prazo. Do contrário, em países onde não houve esses investimentos, há uma permanente busca pela assimilação do estado da arte em tecnologia e insuficiência na criação própria de inovação (processo de *catching up*).

2.1 O contexto brasileiro

A condição de colônia de exploração, na qual o Brasil foi fundado e na qual permaneceu por séculos, não permitiu a formação de instituições científicas ou destinadas ao ensino – ou seja, o regime de desenvolvimento dependente da metrópole e a ausência de uma classe empreendedora que financiasse iniciativas em C&T foram fatores determinantes para o surgimento tardio de universidades e instituições de pesquisa no Brasil (Velho, 1996). A ciência desenvolvida no país até o começo do século XX não era organizada em instituições padronizadas, como as universidades, e a pesquisa científica era realizada por indivíduos que se dedicavam a essas atividades por interesses pessoais. Numa perspectiva econômica, o tardio desenvolvimento de universidades e instituições de pesquisa pode ser justificado pelo modelo de produção de bens primários e a quase inexistência de outras atividades econômicas que não fossem de extração e comércio. A escravidão, em sua prolongada existência, foi responsável por uma série de distorções sociais, como o impedimento do desenvolvimento de um contingente de trabalhadores assalariados suficiente para formar um mercado consumidor interno e a consequente ausência de demanda por formação técnica de profissionais e oferta de instituições de ensino. Dessa forma, as demandas da sociedade brasileira agrário-exportadora e escravista não se referiam a qualquer outro conteúdo que escapasse dessa área de interesse, limitando o desenvolvimento da pesquisa científica no país e a consolidação de seu SNI (Suzigan e Albuquerque, 2011).

Somente a partir da década de 1920, são criadas algumas universidades pelo país afora, culminando, em 1934, com a fundação da Universidade de São Paulo (USP), primeira instituição consolidada com plenas características de uma universidade. Desde então, as instituições de ensino e pesquisa têm avançado na produção de ciência, tecnologia e inovação, mas sua interação com o setor produtivo nunca foi plenamente consolidada. Os casos de sucesso dessa interação têm raízes históricas e sólidas em que houve parcerias de longo prazo entre universidades, instituições de pesquisa, indústria e empresas. Áreas como ciências da saúde, ciências agrárias, mineração, engenharia de materiais e metalurgia e engenharia aeronáutica são exemplos dessa interação consolidada construída ao longo do tempo (Suzigan e Albuquerque, 2011).

Mesmo assim, essa interação, por mais pontual que tenha sido, foi responsável por grandes avanços tecnológicos e produtivos em alguns setores da economia nacional e, portanto, não deve ser subestimada. O desafio dos futuros governos é formular políticas públicas de CT&I que criem soluções criativas para consolidar as instituições de pesquisa e sua relação com o setor produtivo, acelerando o processo de *catching up* em que se encontra o país (Suzigan e Albuquerque, 2011).

Apesar de se encontrar em um estágio intermediário de desenvolvimento de seu SNI, o Brasil ocupava, na década de 2000, uma posição mais avançada que Coreia e Taiwan na década de 1970, quando iniciaram um intenso processo de modernização de seus setores produtivos. Para que o Brasil também siga essa trajetória de sucesso em seu processo de *catching up,* seria preciso aumentar sua capacidade de C&T, a começar por um grande aumento no número de profissionais envolvidos em atividades dessa natureza (Albuquerque, 2003).

Nas últimas décadas, no âmbito do governo, o reconhecimento da inovação como principal elemento para o desenvolvimento socioeconômico resultou na criação de programas para o apoio a instituições de ensino e pesquisa, como os fundos setoriais (FSs) de C&T, o Programa de Apoio a Núcleos de Excelência (Pronex), o Projeto Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq e o Programa Institutos do Milênio. Essas novas medidas foram executadas por meio da criação de um novo quadro jurídico e institucional relativo à área de C&T (Motoyama, 2004).

O foco na inovação reverberou também em outros âmbitos do governo, como na formulação de políticas setoriais e na adequação e formulação de leis de incentivo ao setor produtivo. Como exemplo, podem ser citadas a elaboração da Política de Ciência, Tecnologia e Inovação (PNCT&I), em 2003, o lançamento da Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (Pitce), em 2004, a retomada de políticas setoriais (energia, informática, saúde etc.) e a instauração de um novo ambiente regulatório, no qual se destaca a criação da Lei do Bem, da Lei de Inovação, da Lei de Biossegurança, entre outras. A marca desse novo período é a

concentração dos esforços no fomento às atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D) nas empresas e o incentivo à intensificação das relações entre universidades, empresas e ICTs (Bagattolli, 2008).

Apesar disso, estudos sobre a execução desse modelo para a produção de inovação no Brasil apontam que ainda existem barreiras estruturais para sua consolidação (CGEE, 2010a). As políticas de C&T, considerando exemplos internacionais, que obtiveram resultados positivos na transformação de um modelo linear (ciência básica-pesquisa aplicada-produção-comercialização/aplicação) para um novo modo de produção do conhecimento, conseguiram imprimir mudanças profundas nas *microestruturas institucionais de pesquisa* – ou seja, em toda a sua estrutura organizacional e de execução do trabalho científico (CGEE, 2010b). Segundo Balbachevsky (CGEE, 2010b), há uma premente necessidade de uma revisão dos conceitos e das práticas aplicadas à produção do conhecimento e na formulação de políticas para o setor. Sem a adoção de novos parâmetros para avaliar e fomentar práticas inovadoras nas universidades e empresas do país, haverá sempre obstáculos e atrasos na promoção de crescimento econômico e desenvolvimento social.

Com a criação dos FSs, no final da década de 1990, o governo pretendia criar um mecanismo de financiamento à C&T que provesse recursos constantes e suficientes para o desenvolvimento de setores específicos. Entre os fundos, foram criados dois para contemplar áreas estratégicas transversais de amplo alcance dentro do setor de C&T nacional, o CT-Infra e o CT-Verde Amarelo, destinados, respectivamente, à ampliação e à modernização da infraestrutura de C&T/P&D de instituições públicas de ensino e pesquisa e ao fomento da relação entre universidade e empresa em projetos de C&T. Além desses dois fundos, existem ainda as ações transversais, destinadas a apoiar os objetivos da Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (Pitce), com porcentagem dos recursos não contingenciados dos demais fundos. As ações transversais também supriam a necessidade de concentrar recursos em ações prioritárias e evitar sua pulverização. No entanto, devido ao grande número de projetos ao longo dos anos e à amplitude dos temas de editais, cartas-convites, chamadas públicas etc., essas ações transversais não tiveram o impacto esperado, considerando seus objetivos.

Nascimento e Oliveira (2013) investigaram o desempenho dessas ações transversais, comparando seus projetos com seus objetivos. Analisando dados de seus orçamentos, projetos contemplados com as chamadas públicas e a execução financeira, os autores investigaram sua atuação. Na comprovação das hipóteses, identificaram que não houve nenhum redirecionamento dos recursos a temas estratégicos não contemplados pelos fundos de ciência e tecnologia (CTs) verticais, nem a redistribuição dos recursos entre os CTs existentes, e tampouco uma maior indução à participação de empresas nos projetos apoiados.

O CT-Infra, por sua vez, tem seus recursos aplicados unicamente em projetos para o benefício da infraestrutura laboratorial e de pesquisa em instituições públicas e é, talvez, a maior fonte de financiamento público para essa área. Junto a ele, outras instituições, agências e empresas públicas do governo têm linhas de financiamento ou ações específicas focadas na infraestrutura de C&T nacional. Os FSs e o CT-Infra, em especial, serão descritos com mais detalhes na próxima seção.

3 POLÍTICA NACIONAL DE CT&I E COMPARAÇÕES INTERNACIONAIS

A diferença entre as políticas de CT&I nacionais pode definir o avanço ou a estagnação dos países em um aspecto econômico, como visto na seção anterior. Países que tiveram governos focados nessa área por longos períodos obtiveram melhores resultados de desempenho em seus SNIs. Apesar das particularidades de cada país em termos de recursos naturais, mercado interno e organização política, essa é uma característica compartida entre países líderes no mercado global. Realizando esforços para conduzir investimentos de médio e longo prazo que visam à consolidação do SNI brasileiro, foram elaborados conjuntos de ações do governo a serem executadas nos próximos anos. Destacam-se a Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI) (2012-2015) e o Plano Brasil Maior[3] (2011-2014).

A ENCTI estabelece as prioridades do governo federal para o investimento em CT&I, destaca os desafios para o desenvolvimento das atividades dessa natureza e os objetivos a serem alcançados para promover o desenvolvimento do SNI. A ENCTI foi baseada nas recomendações para o setor de CT&I contidas no *Livro Azul*, resultado da IV Conferência Nacional de CT&I, realizada em 2010. No documento de apresentação da estratégia, há o reconhecimento das questões apresentadas na seção anterior deste trabalho sobre os fatores determinantes para o desenvolvimento de um SNI, o que aponta o alinhamento do governo brasileiro com as tendências internacionais; principalmente, as observadas em países líderes no mercado global, como Estados Unidos e China e na União Europeia (UE). No entanto, há também o reconhecimento das particularidades do país em termos de recursos naturais e conjuntura econômica, que são levadas em conta para alcançar soluções singulares em CT&I. Para concretizar esses objetivos, foram definidos os seguintes eixos de sustentação e linhas de ações, conforme demonstrado no quadro 1.

3. O Plano Brasil Maior é um programa do governo federal que tem por objetivo aumentar a competitividade da indústria nacional, por meio da intensificação da inovação tecnológica na indústria. Ele estabelece as orientações das políticas industrial, tecnológica, de serviços e de comércio exterior. As metas estabelecidas para o plano envolvem medidas de desoneração dos investimentos e das exportações para enfrentar a apreciação cambial, o avanço do crédito e o aperfeiçoamento do marco regulatório da inovação de fortalecimento da defesa comercial e ampliação de incentivos fiscais e facilitação de financiamentos, para agregação de valor nacional e competitividade das cadeias produtivas. Para mais informações, ver o *site* disponível em: <http://www.brasilmaior.mdic.gov.br/>. Acesso em: 31 out. 2014.

QUADRO 1
Eixos de sustentação da estratégia nacional de ciência, tecnologia e inovação (2012-2015)

Desenvolvimento sustentável	CT&I como eixo estruturante do desenvolvimento do Brasil				
Enfrentamento dos desafios	Redução da defasagem científica e tecnológica que ainda separa o Brasil das nações mais desenvolvidas	Expansão e consolidação da liderança brasileira na economia do conhecimento natural	Ampliação das bases para a sustentabilidade ambiental e o desenvolvimento de uma economia de baixo carbono	Consolidação do novo padrão de inserção internacional do Brasil	Superação da pobreza e redução das desigualdades sociais e regionais
Fortalecimento da base de sustentação da política de CT&I	Promoção da inovação	Formação e capacitação de recursos humanos		Fortalecimento da pesquisa e da infraestrutura científica e tecnológica	
Aperfeiçoamento dos instrumentos da política de CT&I	Aperfeiçoamento do marco regulatório de fomento à inovação	Novo padrão de financiamento do desenvolvimento científico e tecnológico		Fortalecimento do sistema nacional de CT&I	

Fonte: ENCTI, 2012 (Brasil, 2012).

Entre esses eixos, o que se dedica ao *fortalecimento da base de sustentação da política de CT&I* contém a linha de ação para o *fortalecimento da pesquisa e da infraestrutura científica e tecnológica*, que concentra o plano do governo para o fortalecimento da infraestrutura de C&T nacional. O reconhecimento de que a pesquisa científica básica e a infraestrutura são imprescindíveis para o desenvolvimento econômico está claro na ENCTI. O objetivo para o tema foi definido como: "Fortalecer a pesquisa e a infraestrutura científica e tecnológica, de modo a proporcionar soluções criativas às demandas da sociedade brasileira e uma base robusta ao esforço de inovação" (Brasil, 2012, p. 49).

Sendo assim, o MCTI apoia o desenvolvimento e a expansão da infraestrutura de C&T, por meio de investimentos diretos nos institutos nacionais e na infraestrutura laboratorial de universidades federais e estaduais. Esforços recentes para a ampliação dessa infraestrutura por parte do MCTI foram a aquisição e a adaptação de dois navios para estudo da plataforma continental (biodiversidade, piscicultura em alto-mar e minerais), e a parceria com a Petrobras e a Vale na aquisição de um navio de pesquisa multiusuário que poderá atender a demandas de pesquisa do setor de petróleo e gás e mineração. Ocorreu, além disso, um aumento expressivo nos valores de recursos anuais dedicados ao apoio à infraestrutura, que passaram de R$ 360 milhões, em 2010, para R$ 720 milhões, em 2012 (Brasil, 2012). Além do MCTI, outros investimentos significativos são realizados nessa área, destacando-se a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), a Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), o Centro de Pesquisas em Energia Elétrica (Cepel), a Petrobras – com a expansão do Centro de Pesquisas e Desenvolvimento (Cenpes) e suas redes de pesquisa –, a Vale – com a criação de novos centros de pesquisa – e diversas empresas privadas que criaram ou incrementaram instalações de P&D.

Além dos laboratórios das universidades federais e estaduais e das universidades e empresas privadas, compondo parte importante da infraestrutura laboratorial do país, os institutos nacionais de C&T têm um papel imprescindível na produção de P&D nacional. Ligados ao governo federal e, mais diretamente, ao MCTI, essas instituições dedicam suas pesquisas a temas de interesses estratégicos para o benefício social e econômico do país. São eles:

- Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF);
- Centro de Tecnologia Mineral (Cetem);
- Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (Cetene);
- Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI);
- Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT);
- Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá (IDSM);
- Instituto Nacional de Matemática Pura e Aplicada (Impa);
- Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa);
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe);
- Instituto Nacional do Semiárido (Insa);
- Instituto Nacional de Tecnologia (INT);
- Laboratório Nacional de Astrofísica (LNA);
- Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC);
- Museu de Astronomia e Ciências Afins (Mast);
- Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG); e
- Observatório Nacional (ON)

O governo federal brasileiro, seguindo as diretrizes e os objetivos de seus planos e suas estratégias, aplica seus recursos para C&T por meio de seus ministérios – principalmente, o MCTI e o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) – e suas agências – como a Finep, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) do Ministério da Educação (MEC) e o CNPq. O gasto de empresas, privadas e estatais, também é de grande impacto no setor de C&T. Os dados apresentados na tabela 1, compilados e organizados pelo MCTI, mostram a evolução dos gastos desses dois atores (governo e empresas) em atividades de C&T em pouco mais de uma década.

TABELA 1
Dispêndio nacional em C&T, por setor institucional (2000-2012)
(Em R$ milhões correntes)

Ano	PIB	Dispêndios em C&T						
		Públicos			Empresariais			Total
		Federais	Estaduais	**Total**	Empresas privadas e estatais	Outras empresas estatais federais	**Total**	
2000	1.179.482,0	5.795,4	2.854,3	**8.649,7**	6.066,8	1.122,5	**7.189,3**	**15.839,1**
2001	1.302.136,0	6.266,0	3.287,1	**9.553,1**	6.525,2	1.577,3	**8.102,6**	**17.655,6**
2002	1.477.822,0	6.522,1	3.473,3	**9.995,4**	7.271,0	2.490,3	**9.761,3**	**19.756,7**
2003	1.699.948,0	7.392,5	3.705,7	**11.098,2**	8.343,0	2.837,5	**11.180,5**	**22.278,8**
2004	1.941.498,0	8.688,2	3.900,5	**12.588,6**	9.526,3	3.322,8	**12.849,1**	**25.437,7**
2005	2.147.239,0	9.570,1	4.027,3	**13.597,4**	11.388,1	3.194,3	**14.582,4**	**28.179,8**
2006	2.369.484,0	11.476,6	4.282,1	**15.758,6**	11.895,9	2.886,4	**14.782,3**	**30.540,9**
2007	2.661.344,0	14.083,5	5.687,4	**19.770,9**	14.231,5	3.465,7	**17.697,3**	**37.468,2**
2008	3.032.203,0	15.974,5	7.138,0	**23.112,5**	17.430,1	4.878,1	**22.308,1**	**45.420,6**
2009	3.239.404,0	18.475,2	8.424,8	**26.900,0**	17.787,2	6.711,2	**24.498,4**	**51.398,4**
2010	3.770.085,0	22.577,0	10.201,8	**32.778,7**	22.033,6	7.411,0	**29.444,6**	**62.223,4**
2011	4.143.013,0	23.469,0	11.871,6	**35.340,7**	23.493,2	9.362,3	**32.855,6**	**68.196,3**
2012	4.392.094,0	26.394,7	13.650,6	**40.045,3**	24.451,7	11.969,3	**36.421,0**	**76.466,3**

Fonte: MCTI. Disponível em: <http://goo.gl/dt3qsr>.

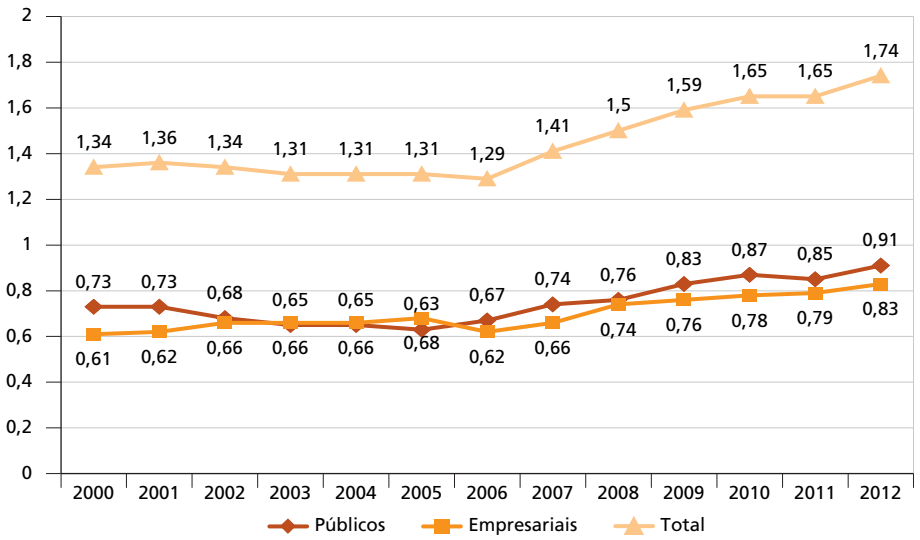
TABELA 2
Dispêndio nacional em C&T em relação ao total e ao produto interno bruto (PIB), por setor institucional (2000-2012)
(Em %)

Ano	Em relação ao total		Em relação ao PIB		
	Públicos	Empresariais	Públicos	Empresariais	**Total**
2000	54,61	45,39	0,73	0,61	**1,34**
2001	54,11	45,89	0,73	0,62	**1,36**
2002	50,59	49,41	0,68	0,66	**1,34**
2003	49,82	50,18	0,65	0,66	**1,31**
2004	49,49	50,51	0,65	0,66	**1,31**
2005	48,25	51,75	0,63	0,68	**1,31**
2006	51,60	48,40	0,67	0,62	**1,29**
2007	52,77	47,23	0,74	0,66	**1,41**
2008	50,89	49,11	0,76	0,74	**1,50**
2009	52,34	47,66	0,83	0,76	**1,59**
2010	52,68	47,32	0,87	0,78	**1,65**
2011	51,82	48,18	0,85	0,79	**1,65**
2012	52,37	47,63	0,91	0,83	**1,74**

Fonte: MCTI. Disponível em: <http://goo.gl/dt3qsr>.

Os gastos públicos são, na grande maioria, mais altos que os empresariais. No entanto, as empresas estatais no Brasil têm um grande peso nos gastos em CT&I, como é o exemplo da Petrobras, na qual está o Cenpes, uma das maiores infraestruturas laboratoriais da América do Sul (Turchi, De Negri e De Negri, 2013). Como mencionado anteriormente, outras empresas estatais, como a Embrapa, têm atuação importante em atividades de P&D. Considerando essa característica do cenário brasileiro, os gastos públicos, sejam eles de governo, sejam por meio de empresas estatais, podem ser apontados como a principal fonte de recursos para C&T no país. Pelos dados apresentados na tabela 2, também é possível notar um aumento, mesmo que não seja dramático, dos gastos em C&T em relação ao produto interno bruto (PIB) ao longo dos anos, como pode ser observado no gráfico 1.

GRÁFICO 1
Dispêndio nacional em C&T em relação ao PIB, por setor (2000-2012)
(Em %)



Fonte: MCTI. Disponível em: <http://goo.gl/dt3qsr>.

O governo, além de seguir as prioridades estabelecidas em seus planos e suas estratégias, orienta seus gastos em C&T de acordo com as necessidades de crescimento econômico ou de ajuste de variações em setores da economia. Dessa forma, podem surgir alterações nos planos de investimento ou gastos mais expressivos em um determinado setor para um determinado ano. Com relação à infraestrutura de C&T, foi necessário um esforço específico do governo federal para que se alcançasse um patamar minimamente competitivo em relação a outras nações. A seguir, os gastos públicos para P&D discriminados por objetivos socioeconômicos para o intervalo de 2005 a 2011.

TABELA 3
Dispêndios públicos em P&D, por objetivos socioeconômicos (2005-2011)

Objetivo socioeconômico	2005		2006		2007		2008	
	Valor (R$ milhões correntes)	(%)	Valor (R$ milhões correntes)	(%)	Valor (R$ milhões correntes)	(%)	Valor (R$ milhões correntes)	(%)
Total	**10.371,2**	**16.152,96**	**11.911,1**	**15.913,78**	**15.184,8**	**21.402,71**	**17.680,7**	**30.308,97**
Agricultura	1.188,2	1.850,52	1.265,1	1.690,20	1.509,6	2.127,71	1.779,6	3.050,64
Controle e proteção do meio ambiente	102,4	159,48	109,9	146,81	123,2	173,58	116,2	199,23
Defesa	123,7	192,73	73,3	97,97	82,5	116,26	110,4	189,28
Desenvolvimento social e serviços	107,7	167,79	60,0	80,16	54,6	77,02	191,6	328,41
Desenvolvimento tecnológico industrial	478,4	745,13	551,9	737,37	863,0	1.216,41	1.129,0	1.935,37
Dispêndios com as instituições de ensino superior [1]	5.814,2	9.055,50	6.689,5	8.937,42	8.844,5	12.466,10	10.272,2	17.609,06
Energia	164,2	255,69	215,5	287,95	212,1	298,99	200,7	344,07
Espaço civil	160,3	249,61	158,9	212,27	165,3	233,00	149,6	256,46
Exploração da terra e atmosfera	64,2	100,00	74,8	100,00	70,9	100,00	58,3	100,00
Infraestrutura	319,7	497,85	412,7	551,37	582,6	821,13	514,9	882,59
Pesquisas não orientadas [2]	1.112,0	1.731,90	1.301,6	1.738,96	1.499,2	2.113,03	1.949,0	3.341,11
Saúde	669,0	1.041,93	893,3	1.193,43	1.059,4	1.493,26	1.066,3	1.827,81
Não especificado [3]	67,3	104,81	104,7	139,86	117,9	166,21	142,9	244,95

Objetivo socioeconômico	2009		2010		2011	
	Valor (R$ milhões correntes)	(%)	Valor (R$ milhões correntes)	(%)	Valor (R$ milhões correntes)	(%)
Total	**19.498,1**	**21.086,71**	**23.039,2**	**33.297,53**	**26.382,6**	**40.239,65**
Agricultura	2.336,1	2.526,40	2.501,2	3.614,80	2.680,4	4.088,27
Controle e proteção do meio ambiente	137,0	148,21	183,4	265,10	156,1	238,06
Defesa	168,1	181,81	164,4	237,58	197,3	300,90
Desenvolvimento social e serviços	66,8	72,20	17,6	25,49	12,2	18,66
Desenvolvimento tecnológico industrial	1.470,7	1.590,53	1.689,0	2.441,05	1.744,2	2.660,32
Dispêndios com as instituições de ensino superior [1]	10.797,7	11.677,43	12.994,8	18.780,82	16.076,0	24.519,61
Energia	168,0	181,74	213,4	308,40	110,8	168,97
Espaço civil	183,4	198,39	232,2	335,65	209,2	319,10
Exploração da terra e atmosfera	92,5	100,00	69,2	100,00	65,6	100,00
Infraestrutura	491,2	531,17	660,4	954,38	563,8	859,89
Pesquisas não orientadas [2]	2.103,8	2.275,24	2.783,8	4.023,25	2.918,7	4.451,75
Saúde	1.270,2	1.373,70	1.277,2	1.845,91	1.408,2	2.147,78
Não especificado [3]	212,6	229,89	252,6	365,10	240,2	366,35

Fonte: MCTI. Disponível em: <http://goo.gl/JNdb3O>.
Notas: [1] Inclui estimativas dos investimentos das instituições federais com cursos de pós-graduação reconhecidos pela Capes/MEC, como aproximação dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento das instituições de ensino superior.
[2] Pesquisa não orientada para uma área específica.
[3] Atividades que não se enquadram em nenhum dos outros objetivos.

O principal gasto, de acordo com a tabela 3, é o *dispêndio com instituições de ensino superior*, que, no intervalo apresentado, representa mais de 50% dos gastos em todos os anos. Pode ser justificada a concentração de recursos públicos nesse objetivo, devido ao grande número de instituições federais e estaduais no país e à elevação desse número nos últimos anos. A infraestrutura recebe uma porcentagem pequena se comparada ao gasto com universidades públicas; no entanto, uma parcela significativa dos gastos com instituições públicas se destina à infraestrutura de P&D.

3.1 Fundos setoriais e o CT-Infra

Os FSs de ciência e tecnologia constituem uma política de incentivo a projetos de C&T que se diferem de outros modelos prévios elaborados pelo governo brasileiro, ao longo das últimas décadas. A diferença dos FSs para seus antecessores consiste em seu modelo de financiamento e no foco desse financiamento. Como saída para um dos problemas mais frequentes da área de C&T no Brasil, os FSs constituem uma fonte de financiamento estável para os setores que abrange. Até sua criação, a instabilidade de financiamento público e privado para C&T no país se constituía um entrave ao desenvolvimento das instituições de ensino e pesquisa e empresas atuantes nessa área.

Os FSs rompem com as concepções anteriores de financiamento à C&T ainda em outro aspecto, no tipo de projetos que se propõem a financiar. Ao contrário de tendências anteriores em políticas de C&T baseadas no modelo linear de inovação, o foco dos fundos é o fomento de projetos que envolvam os atores participantes simultaneamente em sua realização. A proposta é integrar as ações do Estado, da universidade e da empresa, de maneira que seja fortalecido o SNI, e, como consequência dessa integração, impulsionar a inovação por meio da interação entre as universidades, os ICTs e o setor privado. Esse objetivo define a forma como se configura o modelo de gestão dos FSs, que é constituído de um comitê gestor central para todos os fundos e de um comitê exclusivo para cada fundo. Nos comitês, participam membros dos três atores envolvidos na produção de ciência e tecnologia: o Estado, a universidade e a empresa.

Para que fosse firmado o novo modelo de financiamento, foram definidos os requisitos para consolidar sua estrutura de funcionamento.[4] Como solução para o problema de instabilidade e/ou sazonalidade dos aportes de recursos do Estado às atividades de C&T, foram definidas fontes de receita vinculadas diretamente ao orçamento da União e que seriam transformadas em financiamentos não reembolsáveis a essas atividades. As principais fontes são: *i)* a parcela dos *royalties* incidentes

4. "definição de um mecanismo de *funding* que pode variar de acordo com o setor e/ou área de conhecimento; nomeação de um comitê gestor, que reflita os interesses do governo e da sociedade (meio empresarial, comunidade científica e tecnológica etc.); formatação de um aparato legal e institucional para o funcionamento do programa, como por exemplo uma secretaria executiva; estruturação das normas do programa, como a definição de suas diretrizes básicas, sua área de atuação e seu regulamento operacional" (Pacheco, 2007, p. 219).

sobre a produção de petróleo e gás natural; *ii)* as contribuições das empresas sobre os resultados da exploração de recursos naturais pertencentes à União, como mineração e energia elétrica; *iii)* o valor de 0,5% do faturamento das empresas beneficiadas pela Lei de Informática; e *iv)* a Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico (Cide) incidente sobre as remessas ao exterior para pagamento de *royalties*, assistência técnica e serviços técnicos, com alíquota de 10% (Morais, 2008).

Além da premissa de prover recursos estáveis à C&T, os fundos têm como característica original de seu modelo a definição de áreas com potencial de desenvolvimento e contribuição para o crescimento econômico e social do país. A concepção de delimitar áreas estratégicas de maior importância foi traduzida pela criação de dezesseis fundos, quatorze referentes a setores produtivos e dois de atuação transversal. Os quatorze fundos ligados a setores específicos da atividade econômica, os chamados *fundos verticais*, estão descritos no quadro 2.

QUADRO 2
Fundos verticais

Aeronáutico	Hidro
Agronegócio	Informática
Amazônia	Mineral
Aquaviário	Petróleo e gás
Biotecnologia	Saúde
Energia	Telecomunicações
Espacial	Transporte terrestre

Fonte: MCTI. Disponível em :<http://goo.gl/aB4Vy7>.

À exceção do fundo de telecomunicações, gerido pelo Ministério das Comunicações (MC), a gestão dos fundos se dá no âmbito do MCTI; razão pela qual, por vezes, se faz referência a esses fundos com a sigla CT antecedendo seu nome.

Os chamados *fundos transversais*, que financiam projetos que abrangem mais de um setor específico ou projetos de infraestrutura para C&T, são: infraestrutura e verde amarelo.

Os projetos apoiados pelos FSs são enquadrados em categorias, de modo que se distribuam em cada área de prioridade nos planos do governo. O conjunto de dados sobre os FSs a ser apresentado foi elaborado e organizado pelo MCTI e viabilizado por meio da plataforma Aquarius.[5] Os dados têm seu início em 1997 e foram consolidados em 10 de janeiro de 2014. Na tabela 4, seguem os projetos discriminados por categoria e valor.

5. Para mais informações, ver o *site* disponível em: <http://aquarius.mcti.gov.br/>.

TABELA 4
Projetos e valores por categoria (1997-2014)

Distribuição dos projetos por categoria			
Categoria	**Total de projetos**	Valor médio (Em R$ milhares)	Valor contratado (Em R$ milhões)
Pesquisa, desenvolvimento e inovação em áreas estratégicas	**24.454**	225,24	5.508,03
Infraestrutura de pesquisa científica e tecnológica	**2.086**	1.920,54	4.006,25
Subvenção	**989**	2.317,05	2.291,56
Ciência, tecnologia e inovação para o desenvolvimento social	**2.522**	341,05	860,14
Apoio à inovação tecnológica nas empresas	**1.281**	595,52	762,86
Tecnologia para a inovação nas empresas	**523**	1.018,44	532,64
Formação de recursos humanos para CT&I	**700**	619,01	433,30
Consolidação institucional do sistema nacional de CT&I	**512**	595,00	304,64
Incentivo à criação e consolidação de empresas intensivas em tecnologia	**187**	788,39	147,43
Eventos	**1.835**	70,08	128,60

Fonte: MCTI. Disponível em: <http://goo.gl/TKgW1i>.

O valor destinado à *infraestrutura de pesquisa científica e tecnológica* é o segundo maior, atrás apenas de *pesquisa, desenvolvimento e inovação em áreas estratégicas*, que é o principal objetivo dos FSs. No entanto, os projetos de infraestrutura têm uma participação muito menor em números e valor médio de projetos que a categoria que a supera em valor. Esses projetos são mais robustos, limitando o número de beneficiados; porém, são um dos pontos fortes dos FSs.

O CT-Infra é o fundo com maior participação na categoria de projetos de infraestrutura de C&T; ocupa a segunda posição entre os fundos em valor contratado. A tabela 5 apresenta o valor contratado por fundo setorial.

TABELA 5
Valor de projetos financiados por fundo setorial e por ação transversal (1997-2014)
(Em R$ milhões)

Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT)	Valor contratado
CT-Transversal	3.269,12
CT-Infra	3.207,84
FNDCT	2.620,47
Subven	2.397,09
CT-Petro	934,62
CT-Energ	488,85
Verde e amarelo	417,07
CT-Agro	366,46

(Continua)

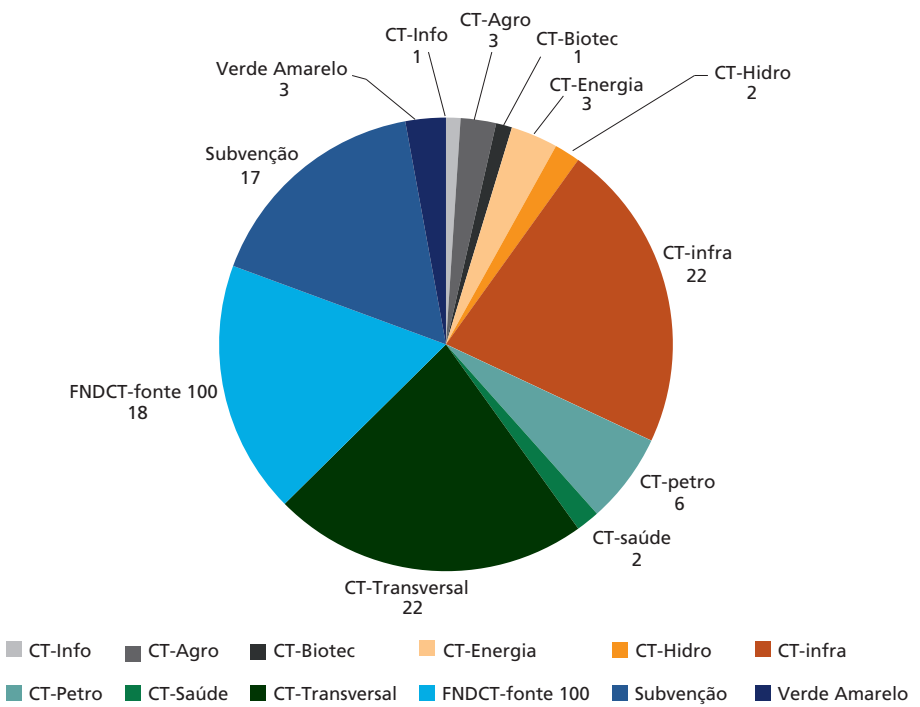
(Continuação)

Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT)	Valor contratado
CT-Hidro	267,76
CT-Saúde	244,27
CT-Biotec	166,90
CT-Info	149,13
CT-Aero	137,21
CT-Aquaviário	134,41
CT-Amazônia	92,89
CT-Mineral	60,79
CT-Espacial	16,57
CT-Transporte	4,01

Fonte: MCTI. Disponível em: <http://goo.gl/S4m1il>.

O CT-Infra é responsável por aproximadamente 22% do valor total contratado em projetos. Seu caráter transversal justifica sua magnitude, visto que atende a todas as áreas dos fundos verticais.

GRÁFICO 2
Projetos contratados no âmbito do FNDCT por fundo setorial (1997-2014)
(Em %)



Fonte: MCTI. Disponível em: <http://goo.gl/xNnYOZ>.

Os projetos dos FSs destinados à infraestrutura de pesquisa científica e tecnológica são focados na melhoria e na expansão das instalações de universidades públicas nacionais. No entanto, ao fazê-lo, melhoram não só as infraestruturas de C&T, mas também o potencial das universidades e dos centros de pesquisa para a cooperação com o setor produtivo. Um quadro mais completo e atualizado de equipamentos e melhores condições para o trabalho da equipe do laboratório são fatores atraentes para empresas, o que pode ser considerado uma externalidade positiva dos projetos dos FSs e uma indicação do papel das universidades no SNI (Ipea, 2009).

3.2 Comparações internacionais

Os gastos de cada país com CT&I variam de acordo com a grandeza de sua economia, com os setores fortes de sua indústria e com as políticas públicas para as atividades dessa natureza. A comparação desses investimentos entre os países deve respeitar essas diferenças; no entanto, ainda é um indicativo válido sobre o quão importante são ciência e tecnologia para os governos. Os dados a seguir foram organizados pelo MCTI, com base em informações de estudos da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE), e fazem uma comparação entre os gastos orçamentários dos países em atividades de pesquisa e desenvolvimento.

TABELA 6
Dotação orçamentária governamental em P&D de países selecionados (2006-2012)
(Em US$ milhões correntes de PPC)[1]

País	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Alemanha	21.001,2	22.513,8	24.261,3	26.682,0	28.389,5	29.234,2	30.174,2
Argentina	1.226,6	1.529,4	1.754,6	2.172,4	2.342,1	2.570,6	-
Austrália	3.956,7	3.810,2	3.846,6	4.542,2	4.606,1	4.753,5	4.759,6
Brasil	8.537,2	10.578,8	11.621,4	12.061,9	13.345,0	14.590,0	13.700,9
Canadá	6.885,2	7.550,2	7.933,5	8.438,3	8.500,3	-	-
Coreia	9.329,1	10.589,5	11.895,0	13.096,6	14.408,6	15.660,3	17.209,5
Espanha	9.148,0	10.963,7	11.684,6	12.195,2	11.522,4	10.104,7	11.610,0
Estados Unidos	136.019,0	141.890,3	144.391,0	164.292,0	148.962,0	144.379,0	140.568,0
França	16.156,5	15.798,7	19.214,2	20.229,9	18.829,3	19.422,2	20.042,9
Itália	10.905,0	12.165,3	12.602,6	12.477,6	11.939,6	11.166,5	10.712,5
Japão	28.625,9	29.207,8	30.559,9	30.631,7	31.925,6	33.529,2	34.871,2
México	2.677,7	2.864,8	3.597,0	3.737,5	4.737,7	4.824,5	-
Portugal	1.683,7	1.927,8	2.420,9	2.752,2	2.779,5	2.769,2	2.507,3
Reino Unido	14.062,8	14.240,3	14.400,7	14.745,3	14.049,5	13.280,0	14.081,3
Rússia	7.705,5	9.496,0	11.304,2	15.401,1	15.177,1	18.021,2	17.720,4

Fonte: MCTI. Disponível em: <http://goo.gl/eEklLc>.
Nota: [1] PPC: paridade do poder de compra.

À primeira vista, é possível observar a evolução dos investimentos governamentais de cada país em termos absolutos. É fato que questões cambiárias e adversidades das economias nacionais podem interferir no planejamento de C&T desses países, mas, pelo aumento ou pela diminuição do orçamento de C&T, nota-se a importância que essas atividades têm para os governos. Ao observar a evolução do orçamento, fica clara a diferença no volume de recursos entre os países. É preciso considerar o PIB de cada um, bem como o grau de industrialização e o quanto suas economias são baseadas em bens intensivos em tecnologia. Salta aos olhos o discrepante orçamento dos Estados Unidos em relação aos demais países, que se justifica pelo tamanho de seu orçamento federal e pelo peso que a inovação tem em sua economia. Mas é notável o aumento de seu orçamento para P&D no intervalo de tempo mostrado na tabela 5. Em alguns anos, o aumento chega a ser maior que U$$ 10 bilhões entre um ano e outro. O que não é o caso de outros países, como Reino Unido e França, que tiveram uma diferença não tão expressiva entre o orçamento de 2006 e o de 2012. É claro que deve ser levada em consideração a atuação da UE no aporte de recursos para seus países-membros, o que redireciona o orçamento nacional desses países em razão dos recursos provenientes de programas internacionais. A tabela 7 aponta a diferença de valores entre os orçamentos governamentais para um período mais extenso, de 2000 a 2012, dos países selecionados.

TABELA 7
Diferença entre os valores de dispêndios em P&D pelos países (2000-2012)
(Em milhões de US$ correntes de PPC)

País	Diferença
Alemanha	13.365,5
Argentina	1.734,2
Austrália	1.917,0
Brasil	6.962,7
Canadá	3.926,0
Coreia	12.184,8
Espanha	6.435,3
Estados Unidos	56.955,5
França	5.302,7
Itália	1.342,3
Japão	13.697,4
México	2.707,4
Portugal	1.487,7
Reino Unido	3.722,2
Rússia	13.039,2

Fonte: MCTI.
Elaboração do autor.

3.2.1 Estados Unidos

Os Estados Unidos aplicam e gerenciam seus recursos para C&T pelas agências governamentais, que são responsáveis por definir as áreas prioritárias e orientar o governo federal na elaboração do orçamento anual. O órgão responsável pela definição do orçamento para CT&I, o Office of Science and Technology Policy, definiu os seguintes direcionamentos para o orçamento de 2011:

- encorajar a inovação;
- prover incentivo para que a indústria norte-americana continue investindo em inovação;
- investir em descobertas científicas para superar os desafios da economia, da saúde, da energia, do clima e da segurança;
- dobrar o orçamento de três principais agências de ciência: a National Science Foundation (NSF), o Department of Energy (DOE), o Office of Science e o National Institute of Standards and Technology (Nist);
- alcançar liderança em pesquisa biomédica;
- aumentar o comprometimento em pesquisas sobre mudança global;
- investir em habilidades e educação do povo norte-americano;
- investir em tecnologia para promover o crescimento econômico (OSTP, 2010).

Os investimentos desse mesmo orçamento anual do governo federal norte-americano para a infraestrutura de pesquisa somaram U$$ 4,6 bilhões. A missão desses recursos "é dar suporte para construção de instalações de P&D e promover manutenção e compra de equipamentos de alto valor para P&D" (OSTP, 2010, tradução nossa).

O Sistema Nacional de Inovação norte-americano tem base sólida no setor produtivo, uma das características do modelo econômico que se desenvolveu no país. No entanto, apesar do papel ativo das empresas na produção de inovação tecnológica, existe também outro pilar do SNI que assegura o fluxo constante de P&D científica e tecnológica a ser absorvida pelo setor produtivo. Esse pilar é a rede de laboratórios nacionais ligadas ao DOE e ao Office of Science. São dezessete laboratórios espalhados pelo país, que formam o sistema federal de pesquisa, dez desses são ligados ao Office of Science e dão suporte às missões e às prioridades desse órgão.[6]

6. Mais informações sobre orçamento, prioridades e infraestrutura dos laboratórios nacionais do Department of Energy (DOE) podem ser encontradas no ***site*** disponível em: <http://science.energy.gov/laboratories/>.

Os laboratórios nacionais norte-americanos têm a missão de levar a cabo objetivos governamentais em C&T de longo termo; desenvolver pesquisas originais e multidisciplinares que ultrapassem o escopo da academia e da indústria para atender a pesquisadores do país e prioridades estratégicas nacionais; e desenvolver conhecimento crítico em C&T que esteja à disposição do governo. Por meio de um sistema já consolidado de transferência tecnológica, essa rede de laboratórios é uma das fontes de grande importância do SNI norte-americano. A política de acesso à infraestrutura laboratorial possibilita que pesquisadores individuais ou ligados à departamentos universitários dos Estados Unidos, assim como de outros países, realizem experimentos em equipamentos de ponta e, muitas vezes, únicos. Também é intensamente fomentada a parceria com o setor produtivo, por meio de desenvolvimento de projetos em conjunto, uso das instalações laboratoriais pelas empresas e *start-ups*.

3.2.2 União Europeia

Os recursos para CT&I da UE são aplicados, por meio de programas de financiamento a projetos, em diferentes áreas estratégicas para o desenvolvimento social e econômico dos países que a integram. Com várias semelhanças aos FSs do governo brasileiro em termos de modelos de execução, os chamados *framework projects* (FPs) são o pilar do financiamento público de ciência e tecnologia da UE. Esses programas seguem planos estratégicos e prioridades definidos para um determinado intervalo de tempo em anos de duração e são apresentados em edições sequenciais. O primeiro *framework project* (FP1) atuou entre 1984 e 1988, o oitavo e atual FP é chamado de Horizon 2020, e entrou em operação em 2014 e finalizará em 2020. Os FPs selecionam os projetos a serem financiados por intermédio de chamadas públicas específicas para cada linha temática de seu programa.

O FP7 teve um orçamento de aproximadamente € 50 bilhões no seu tempo de execução. Como objetivo geral, pretendia-se tornar a UE líder mundial na área de pesquisas. O programa foi dividido em cinco áreas: cooperação; ideias; pessoas; capacidades; e investigação da energia nuclear. Essas áreas englobam linhas de financiamento mais específicas, que abrangem atividades em inovação tecnológica, formação de recursos humanos, infraestrutura etc. Sob a área *capacidades*, estão discriminados os investimentos em infraestrutura de pesquisa. O objetivo geral para o tema é "otimizar o uso e desenvolvimento das melhores infraestruturas de pesquisa na Europa" (European Commission, tradução nossa).[7] O orçamento para o tema foi de € 1,8 bilhão, distribuído ao longo da duração do programa.

Seu sucessor, o Horizon 2020, segue as diretrizes de um plano de metas maior para o desenvolvimento social e econômico dos países-membros da UE, o Europe 2020.

7. Para mais informações, ver o ***site*** disponível em: <http://goo.gl/pNuvFl>.

O objetivo deste último é promover o crescimento, a inclusão e a sustentabilidade da União Europeia, por meio de forte coordenação das políticas nacionais e da UE.[8] O Horizon 2020 apresenta evoluções em relação a seu antecessor, o FP7, no aspecto burocrático e no volume de recursos. O novo programa contém menos chamadas públicas e mais abrangentes, além de menos etapas burocráticas para obtenção de financiamentos e prestação de contas. O orçamento previsto até o final do programa é de cerca de € 80 bilhões. O programa é composto de três pilares, que se referem às áreas de pesquisa financiadas: *i) excellent science*: direcionado ao desenvolvimento de pesquisa científica básica; *ii) leadership in enabling and industrial technologies*: focado no desenvolvimento de tecnologias industriais e inovação; e *iii) societal challenges*: destinado a buscar soluções para problemas sociais e econômicos.

Dentro do primeiro pilar, está a linha de financiamento dedicada à infraestrutura de pesquisa, European Research Infraestructures, including e-Infrastructures. O objetivo para o tema é "desenvolver as infraestruturas de pesquisa europeias para 2020 e além, promovendo seu potencial de inovação e capital humano e reforçando a política europeia de infraestrutura de pesquisa" (European Commission, tradução nossa).[9] O orçamento dedicado ao tema para o período 2014-2015 foi estimado em cerca de € 583 milhões.

3.2.3 Japão

A ciência e a tecnologia no Japão ocupam um posto de alta prioridade no planejamento governamental, devido ao peso do setor de bens tecnológicos na indústria, da inovação em diversos âmbitos do setor produtivo e do avançado estágio de P&D em instituições do país. A falta de recursos naturais é uma das justificativas para uma economia intensiva em tecnologia. Os recursos destinados ao apoio da CT&I são gerenciados pelo Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology. Fica claro no próprio nome do ministério responsável pelo tema como a C&T está profundamente consolidada na dimensão cultural da sociedade japonesa, mostrando a diferença paradigmática entre a política de C&T de outros países.

A política de CT&I japonesa é orientada por planos de metas elaborados para um intervalo específico de anos. O plano vigente é o chamado de IV Basic Plan, programado para vigorar de 2010 a 2015. O plano pretende "prover políticas básicas para a promoção sistemática e compreensiva das políticas de C&T japonesas" (Japan, 2010). O contexto em que estão sendo executadas as ações do plano é de crise no país. O documento aponta a reorganização política e econômica do mundo devido a, entre outros fatores, questões ambientais e à ascensão de novos

8. Para mais informações, ver o ***site*** disponível em: <http://goo.gl/oYnEu1>.
9. Para mais informações, ver o ***site*** disponível em: <http://goo.gl/znQr9y>.

mercados com potencial produtivo e de consumo enormes, como China e Índia. Somando-se a esse cenário, fatores internos, como o crescente envelhecimento da população e a diminuição de estudantes nas áreas de C&T nas universidades, compõem o quadro de desafios para a política de CT&I nacional.

Os princípios que orientam o IV Basic Plan são os seguintes.

1) Visões do país – Promover a coordenação e a organicidade entre políticas-chave do país para alcançar fronteiras do conhecimento, criar melhor interação com outros países e contribuir para a solução de problemas globais.

2) Conceitos básicos de políticas de C&T futuras – Realizar o desenvolvimento integrado de políticas de C&T, ter maior foco no papel de recursos humanos e organizações e elaborar a política de C&T em conjunto com a sociedade.

Os objetivos relativos à infraestrutura de C&T do país são os seguintes.

1) Melhoramento dos ambientes de P&D em universidades e instituições públicas de pesquisa.

2) Desenvolvimento de infraestrutura intelectual.[10]

3) Desenvolvimento de infraestrutura de informação de pesquisa.

4 MAPEAMENTO DA INFRAESTRUTURA DE PESQUISA NACIONAL E SUAS FONTES DE RECEITA

A infraestrutura de pesquisa nacional ainda precisa ser plenamente mapeada para que seja possível realizar uma análise com o grau de detalhamento necessário para melhor orientar políticas de CT&I de longo prazo, tais como alguns exemplos apresentados nas seções anteriores. Contudo, o alcance da amostra usada pela pesquisa do projeto Mapeamento de Infraestruturas de Pesquisa é suficiente para análises iniciais sobre o financiamento público à infraestrutura de C&T no Brasil. Após o mapeamento inicial, realizado no âmbito do Ipea, de infraestruturas de instituições nacionais em áreas temáticas associadas às prioridades definidas na ENCTI 2012-2015, obteve-se cerca de 4.500 infraestruturas, ligadas a aproximadamente 180 instituições.

As informações coletadas dizem respeito apenas à dimensão das infraestruturas contidas na pesquisa e não podem ser generalizadas para descrever o universo de infraestruturas em território nacional. Este trabalho fez uso de apenas algumas das

10. Materiais de pesquisa, padrões de medida, métodos de análise, teste e acesso e equipamentos avançados, base de dados, entre outros, ligados a eles (Japan, 2010, p. 33).

informações coletadas com o formulário; especificamente, as questões sobre fonte de financiamento e características básicas das infraestruturas. Todavia, a amostra a ser analisada contém informações que permitem apontar características marcantes do financiamento público para a infraestrutura de C&T. Primeiramente, destaca-se a participação da fonte de financiamento no total recebido pelas infraestruturas da amostra. A tabela 7 apresenta a participação de cada fonte de financiamento em número de infraestruturas, renda e contribuição em relação ao todo.

TABELA 8
Financiamento recebido, por entidade financiadora

Entidade financiadora	Número de infraestruturas	Renda (R$)	Contribuição (%)
Capes	426	38.308.154,00	2,67
CNPq	786	129.824.396,00	9,06
Empresa privada	241	105.160.614,00	7,34
Finep	238	179.336.787,00	12,52
Fundo estadual de amparo	711	178.446.740,00	12,45
Outra	115	60.702.584,00	4,24
Outra empresa pública	52	25.857.818,00	1,8
Outra instituição pública	72	41.556.634,00	2,9
Petrobras	167	328.847.402,00	22,95
Prestação de serviços	215	78.126.345,00	5,45
Própria instituição	527	266.781.272,00	18,62

Fonte: Dados da pesquisa.

Em número de instituições financiadas, o CNPq desponta das demais fontes de recursos, registrando 786 instituições. No entanto, a entidade financiadora com o maior valor em financiamentos é a Petrobras, que financia um número expressivamente menor de infraestruturas que o CNPq. Em seguida, está a própria instituição como segunda maior financiadora, acima da Finep e do Fundo Estadual de Amparo, que apresentam valores bem próximos. A característica a ser apontada a partir dessas informações é a amplitude do financiamento de fontes como o CNPq e as fundações estaduais e o valor relativamente baixo, se comparado a Petrobras, que, por sua vez, tem um número bastante menor de infraestruturas financiadas. É verdade que o caráter do financiamento do CNPq, majoritariamente bolsas de pesquisa e pós-graduação, difere em muito dos investimentos em infraestruturas realizados pela Petrobras. Esta última aporta recursos não só no Cenpes, mas também em outros laboratórios que atuam em pesquisas associadas ao tema de petróleo e gás, tendo em vista o interesse da empresa em resultados de pesquisas básicas e aplicadas nesse tema.

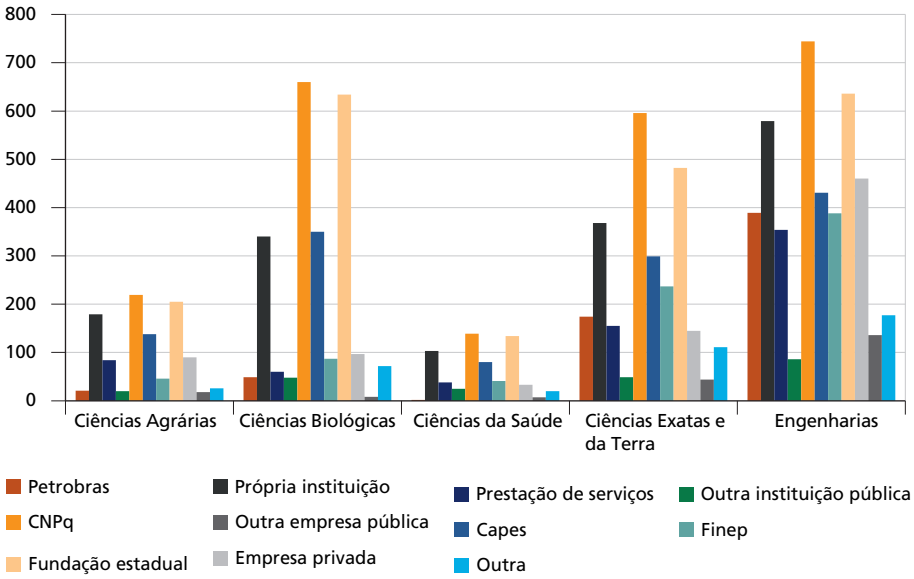
A distribuição de instituições financiadas entre as grandes áreas do conhecimento aponta predominância do CNPq em todas elas, como pode ser observado no gráfico 3.[11] Como visto na tabela 8, isso é devido ao elevado número de infraestruturas que a instituição financia. Outro fato que deve ser levado em consideração é que, por uma questão do foco da pesquisa, não estão contemplados na amostra laboratórios das áreas de humanas, ciências sociais aplicadas, artes, entre outras, uma vez que o foco recai apenas em infraestruturas de C&T. Feitas as considerações, é possível identificar predominância de quase todas as fontes de receita em infraestruturas ligadas à grande área de engenharia. No caso da Petrobras, essa é a área predominante, quase duas vezes maior que a segunda grande área, que recebe mais receita dessa instituição. É importante também ressaltar a ocorrência da fonte *prestação de serviço* nas infraestruturas de engenharia. Essa característica está ligada à proximidade com a indústria e empresas do setor de serviços, no que se refere ao teor das atividades desenvolvidas por ambos. As infraestruturas de engenharias e de ciências exatas e da terra realizam mais atividades ligadas ao setor produtivo (pesquisa aplicada e desenvolvimento de protótipos e testes) do que as demais, o que pode justificar a maior participação da fonte de receita *prestação de serviços*. Justificativa similar pode ser dada para a alta participação de receita de *empresas privadas* nas infraestruturas de engenharias, provavelmente devido à colaboração ou parceria com a infraestrutura no desenvolvimento de projetos.

As ciências biológicas captam grande parte dos recursos públicos. É a segunda maior beneficiada pelo CNPq, pela Capes e pelas fundações estaduais. As infraestruturas de ciências biológicas estão, comumente, mais presentes em universidades e instituições públicas de ensino e pesquisa que em outras instituições. A pesquisa biológica e o ensino nessa área exigem o uso e a conservação de materiais orgânicos e equipamentos especializados, o que deve haver em todo laboratório de universidades federais e estaduais dos departamentos de biologia e áreas relacionadas. Além disso, instituições de pesquisa do porte da Fiocruz são decisivas para o financiamento público na área.

Quanto aos valores das receitas distribuídas entre as grandes áreas do conhecimento das infraestruturas, as características seguem a mesma tendência das informações anteriores. A Petrobras destina grande parte de seus financiamentos às infraestruturas de engenharia, que também recebem mais que as áreas da maioria das demais fontes de receita. Ressalta-se a significativa participação das empresas privadas no financiamento de infraestruturas de engenharia, superando o valor aportado pelo CNPq. A seguir, a tabela 9 apresenta esses valores.

11. Não consta no gráfico 3 o registro de ocorrências de infraestruturas em grande área do conhecimento, classificadas como *outras* devido ao baixo número de casos e consequente irrelevância analítica.

GRÁFICO 3
Número de infraestruturas por fonte de receita e grande área do conhecimento



Fonte: Dados da pesquisa.

TABELA 9
Valor da receita por fonte e grande área do conhecimento
(Em R$)

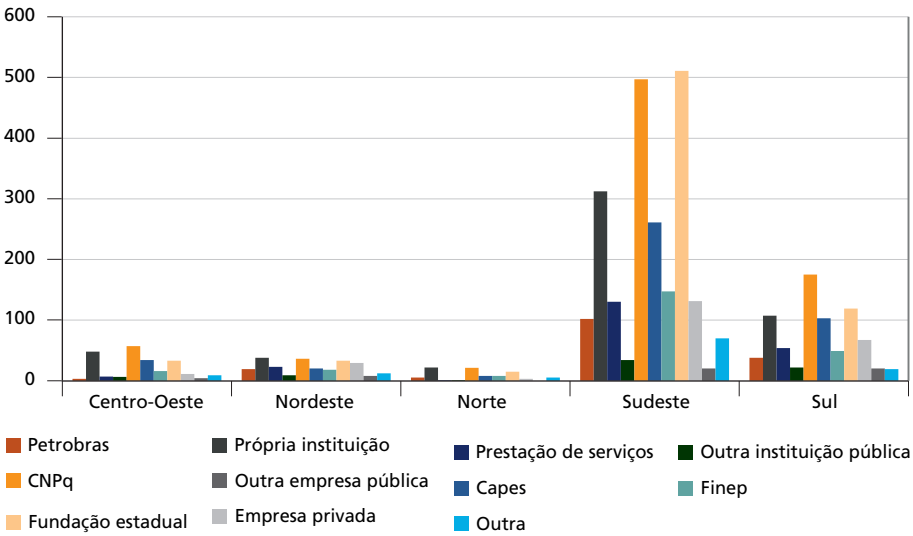
Grande área	Petrobras	Própria instituição	Prestação de serviços	Outra instituição pública	CNPq	
Ciências agrárias	24.106.800	119.830.217	38.362.488	3.511.236	23.479.904	
Ciências biológicas	32.418.264	211.089.545	19.651.602	28.322.675	95.171.531	
Ciências exatas e da terra	629.275.720	382.155.224	86.348.003	45.744.400	111.406.264	
Ciências da saúde	280.000	274.086.651	15.916.786	14.184.000	29.137.316	
Engenharias	1.385.582.352	719.715.161	464.957.616	78.120.555	181.746.428	
Outra	270.000	180.000	200.000	-	1.300.000	

Grande área	Capes	Finep	Fundação Estadual de Amparo à Pesquisa	Empresa privada	Outra empresa pública	Outra
Ciências agrárias	9.867.369	14.677.489	42.161.350	7.987.864	6.582.540	20.338.104
Ciências biológicas	25.578.420	43.451.661	164.266.247	16.527.686	290.190	36.463.165
Ciências exatas e da terra	32.635.247	385.979.969	155.036.667	82.512.690	42.530.000	51.245.255
Ciências da saúde	6.633.857	25.138.746	43.039.766	6.962.000	430.000	7.067.49
Engenharias	45.228.036	470.147.017	166.554.526	351.811.157	117.489.069	196.134.472
Outra	-	5.000.000	150.000	30.000	-	-

Fonte: Dados da pesquisa.

A distribuição do financiamento das infraestruturas por região do território nacional reflete o cenário social e econômico do país. A discrepante concentração da receita na região Sudeste é justificada pela presença da maior parte das instituições públicas e privadas com grande número de infraestruturas de C&T nessa região. Instituições como a USP, a Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), empresas públicas como a Petrobras, centros de pesquisa como a Fiocruz e as diversas universidades privadas que se instalam na região pesam a balança do financiamento público e privado para o Sudeste. E o maior número de infraestruturas de C&T está nessa região por questões demográficas e econômicas claras; é onde estão os maiores centros urbanos do país e onde há a maior concentração de indústrias e empresas de áreas tecnológicas. O CNPq, por exemplo, financia cerca de dez vezes mais infraestruturas no Sudeste que nas regiões Norte e Nordeste. O gráfico 4 mostra essa distribuição.

GRÁFICO 4
Número de infraestruturas por fonte de receita e região



Fonte: Dados da pesquisa.

As infraestruturas que participaram da pesquisa têm certa homogeneidade no que diz respeito ao número de doutores atuantes em seu quadro funcional. A maior parte delas conta com até três doutores em seu quadro. É importante ressaltar que as perguntas sobre fonte de receitas possibilitavam ao coordenador da infraestrutura selecionar mais de uma opção. Sendo assim, a soma do número de infraestruturas por intervalo de número de doutores por fonte de receita pode ser maior que o número absoluto de infraestruturas. De todo modo, as informações apresentadas na tabela 10 mostram que o perfil mais frequente de infraestruturas tem um número relativamente baixo de doutores.

TABELA 10
Número de doutores na infraestrutura por fonte de receita

Fonte de receita	Número de doutores				
	De 0 a 3	De 4 a 7	De 8 a 11	De 12 a 51	**Total**
Petrobras	156	5	1	5	**167**
Capes	412	6	1	7	**426**
CNPq	759	15	1	11	**786**
Finep	218	11	3	6	**238**
Fundação Estadual de Amparo à Pesquisa	681	19	2	9	**711**
Prestação de serviços	203	9	1	2	**215**
Outra empresa pública	51	0	0	1	**52**
Empresa privada	231	6	1	3	**241**
Própria instituição	495	22	3	7	**527**
Outra instituição pública	68	3	0	1	**72**
Outra	101	8	2	4	**115**

Fonte: Dados da pesquisa.

Sobre o valor dos equipamentos de cada infraestrutura, os dados foram organizados na forma de intervalos referentes à soma dos valores desses equipamentos. Dessa maneira, foi possível identificar qual é o intervalo de valores de equipamentos mais frequente para cada fonte de receita. Esses valores foram fornecidos por seus coordenadores, não havendo qualquer outra verificação sistemática ou atualização deles. A tabela 11 apresenta esses dados.

TABELA 11
Valor dos equipamentos das infraestruturas por fonte de receita
(Em R$ mil)

Fonte de receita	Até 100	De 100 a 250	De 250 a 500	De 500 a 1.000	De 1.000 a 2.000	De 2.000 a 3.000	De 3.000 a 5.000	De 5.000 a 7.000
Petrobras	17	18	23	23	27	14	11	12
Capes	75	82	79	71	59	17	16	14
CNPq	147	151	157	141	96	27	22	24
Finep	26	24	32	47	43	16	17	16
Fundação Estadual de Amparo à Pesquisa	119	138	150	125	87	27	24	19
Prestação de serviços	19	21	29	48	30	20	13	11
Outra empresa pública	12	10	6	10	7	0	2	3
Empresa privada	29	31	32	55	36	16	9	15
Própria instituição	105	83	87	84	65	31	28	20
Outra instituição pública	12	14	6	14	12	2	2	5
Outra	25	17	12	16	22	4	3	8

(Continua)

(Continuação)

Fonte de receita	De 7.000 a 10.000	De 10.000 a 15.000	De 15.000 a 20.000	De 20.000 a 30.000	De 30.000 a 40.000	De 40.000 a 50.000	Acima de 50.000
Petrobras	4	11	5	1	1	0	0
Capes	5	5	1	0	1	0	1
CNPq	6	7	2	2	1	0	3
Finep	3	6	5	0	1	1	1
Fundação Estadual de Amparo à Pesquisa	7	8	3	1	1	0	2
Prestação de serviços	4	11	4	2	1	0	2
Outra empresa pública	0	2	0	0	0	0	0
Empresa privada	4	8	3	1	1	0	1
Própria instituição	5	10	4	1	0	1	3
Outra instituição pública	2	1	1	1	0	0	0
Outra	2	4	0	0	0	1	1

Fonte: Dados da pesquisa.

Desde uma perspectiva ampla sobre os dados da tabela 11, fica nítida uma característica predominante, as fontes de receita financiam com mais frequência infraestruturas com equipamentos estimados entre R$ 500 mil e R$ 1 milhão. Entre as onze fontes de receitas incluídas na pesquisa, quatro têm, nesse intervalo (de R$ 500 a R$ 1 mil), o maior número de infraestruturas financiadas. Para as duas fontes de receita com o maior número de infraestruturas financiadas, CNPq e Fundação Estadual de Amparo à Pesquisa, há grande concentração de infraestruturas nos primeiros intervalos de valores de equipamentos, mais precisamente entre os intervalos *Até 100* e *De 500 a 1.000*. No outro extremo da tabela, onde estão os intervalos de maior valor de equipamentos, há expressiva diminuição do número de infraestruturas a partir do intervalo de *500 a 1.000*, com exceção da Petrobras.

A seguir, seguem os dados sobre a área das infraestruturas e sua fonte de receita. Assim como foram apresentados os dados anteriores, a tabela 12 organiza as informações por intervalos de tamanho das áreas das infraestruturas, de acordo com a fonte de receita de quem recebe o financiamento.

TABELA 12
Fonte de receita por área da infraestrutura
(Em m²)

Fonte de receita	Até 100	De 100 a 200	De 200 a 400	De 400 a 800	De 800 ou mais
Petrobras	48	31	21	23	40
Capes	215	84	49	26	33
CNPq	394	170	78	51	53
Finep	85	53	31	26	38
Fundação Estadual de Amparo à Pesquisa	359	145	79	46	48

(Continua)

(Continuação)

Fonte de receita	Até 100	De 100 a 200	De 200 a 400	De 400 a 800	De 800 ou mais
Prestação de serviços	59	49	30	28	40
Outra empresa pública	15	13	4	8	6
Empresa privada	66	48	45	29	43
Própria instituição	246	94	70	43	42
Outra instituição pública	28	15	11	5	8
Outra	51	16	17	9	14

Fonte: Dados da pesquisa.

Ao contrário do que foi observado nos dados sobre valores de equipamentos, a relação entre área ocupada dos laboratórios e infraestruturas no geral com suas fontes de receita é bastante homogênea. Para todas as fontes de receita, o intervalo de área ocupada em que se enquadram mais infraestruturas que recebem financiamento é o primeiro, *Até 100 m²*. Outra diferença com relação ao conjunto de dados anterior é que não se observa uma diminuição tão drástica no último intervalo, tendo mais ocorrência que o intervalo anterior em quase todos os casos. As infraestruturas que compõem a mostra dessa pesquisa são, em sua maioria, ligadas a universidades, institutos ou fundações federais ou estaduais. Essa característica pode ser uma possível justificativa para a maior frequência de um perfil de infraestruturas de menor tamanho, visto que a configuração dos *campi* universitários e de instituições com diversas áreas de especialidade demanda maior divisão do espaço.

TABELA 13
Fonte de receita por ano de início de operação da infraestrutura

Fonte de receita	Antes de 1970	De 1970 a 1979	De 1980 a 1989	De 1990 a 1999	De 2000 a 2009	De 2010 a 2012
Petrobras	9	9	21	49	58	21
Capes	13	27	54	134	154	44
CNPq	23	43	101	236	284	99
Finep	11	14	36	56	96	25
Fundação Estadual de Amparo à Pesquisa	23	40	79	211	271	87
Prestação de serviços	15	19	41	58	69	13
Outra empresa pública	1	3	8	11	22	7
Empresa privada	15	16	30	71	87	22
Própria instituição	21	43	66	118	198	81
Outra instituição pública	3	6	6	21	31	5
Outra	2	8	9	22	56	18

Fonte: Dados da pesquisa.

As informações sobre o ano de início da infraestrutura, apresentadas na tabela 13, apontam características marcantes para o perfil de financiamento de cada fonte de receita. Mais uma vez, observa-se que o intervalo com maior número de infraestruturas financiadas é o mesmo para todas as fontes de receita (2000-2009). O intervalo de 1990 a 1999 também é comum a todas as fontes como o segundo intervalo de maior ocorrência de infraestruturas. A expansão de universidades e instituições de ensino e pesquisa federais e estaduais na última década pode justificar a maior ocorrência de infraestruturas iniciadas nesse período.

TABELA 14
Fonte de receita por ano de modernização da infraestrutura

Fonte de receita	Até 1 ano	Entre 1 e 5 anos	Entre 5 e 10 anos	Entre 10 e 15 anos	Não houve
Petrobras	63	82	11	5	6
Capes	130	180	44	22	50
CNPq	249	318	88	58	73
Finep	104	91	17	13	13
Fundação Estadual de Amparo à Pesquisa	229	281	77	53	71
Prestação de serviços	90	84	21	8	12
Outra empresa pública	20	20	6	2	4
Empresa privada	102	104	16	11	8
Própria instituição	199	193	65	31	39
Outra instituição pública	23	26	12	6	5
Outra	35	47	12	11	10

Fonte: Dados da pesquisa.

Sobre a realização de investimentos para a modernização das infraestruturas, foram definidos, na tabela 14, intervalos de cinco anos para agrupar as respostas obtidas com o formulário. A maior ocorrência entre as fontes de receita foi observada no intervalo *Entre 1 e 5 anos*, seguida por seu precedente, *Até 1 ano*. Diferentemente das informações anteriores, há mais homogeneidade entre os intervalos iniciais da tabela, indicando que a maioria das infraestruturas realizaram melhorias e aquisições recentemente.

O formulário inclui ainda uma pergunta sobre a cooperação com outras empresas e instituições públicas em projetos realizados em parceria com a infraestrutura. A pergunta foi elaborada de forma com que os coordenadores declarassem o grau de importância que atribuem à parceria com diferentes instituições ou empresas. As informações obtidas com essa pergunta foram usadas neste trabalho, com o objetivo de produzir dados que possam, minimamente, mostrar a

ocorrência dessas parcerias segundo a fonte de financiamento da infraestrutura. Para isso, as informações foram interpretadas da seguinte maneira: se o coordenador da infraestrutura classificou o grau de importância da cooperação (alto, médio, e baixo), foi interpretado que a infraestrutura realizou, de alguma forma, cooperação com aquele tipo de instituição. Portanto, sempre que houve resposta sobre o grau de importância do tipo de cooperação, foi registrado que a infraestrutura realizou projetos em parceria com determinado tipo de instituição. Esses dados foram organizados tomando como referência a fonte de receita das infraestruturas. O resultado é mostrado na tabela 15.

TABELA 15
Ocorrência de cooperação por fonte de financiamento
(Em %)

Fonte de receita	Empresa nacional	Empresa estrangeira	Instituição de pesquisa nacional	Instituição de pesquisa estrangeira	Agência de fomento brasileira	Agência de fomento estrangeira	Agência do governo	Sem cooperação	**Total**
Petrobras	18,3	9,3	19,2	16,3	17,9	17,9	0,7	0,4	**100**
Capes	13,4	6,6	21,4	17,7	20,2	20,2	0,3	0,3	**100**
CNPq	13,5	6,6	21,3	17,8	20,1	20,1	0,3	0,4	**100**
Finep	16,2	8,1	19,9	16,0	19,3	19,3	0,6	0,5	**100**
Fundação Estadual de Amparo à Pesquisa	13,2	6,4	21,7	17,6	20,3	20,3	0,3	0,4	**100**
Prestação de serviços	16,0	8,9	19,7	15,6	18,8	18,8	1,0	1,0	**100**
Empresa privada	18,2	8,9	18,9	15,7	18,5	18,5	0,8	0,5	**100**
Outra empresa pública	16,2	7,4	19,2	15,7	19,2	19,2	0,4	2,6	**100**
Própria instituição	14,0	6,4	21,7	16,0	19,9	19,9	0,8	1,4	**100**
Outra instituição pública	14,3	7,3	20,0	16,2	19,7	19,7	1,0	1,9	**100**
Outra	14,4	8,2	20,6	16,0	18,9	18,9	1,6	1,6	**100**

Fonte: Dados da pesquisa.

Os dados demonstrados anteriormente permitem observar qual é o tipo de instituição predominante nos projetos cooperativos das infraestruturas, de acordo com a entidade que as financiam. A cooperação com *Instituição de pesquisa nacional* é a mais recorrente entre as infraestruturas, sendo a de maior incidência em nove das onze fontes de receita. Em outros termos, significa que, na maioria dos perfis de financiamento das infraestruturas, ocorrem com maior frequência eventos de cooperação com outras instituições de pesquisa nacionais.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O financiamento público para as atividades de C&T no país parece ser a base mais sólida na qual se apoiam instituições de ensino e pesquisa. O fato não é surpreendente, considerando que o Brasil tem um modelo econômico de forte presença estatal no apoio ao sistema educacional e em setores produtivos, com empresas públicas e/ou de economia mista que têm grande protagonismo na economia nacional. Como visto anteriormente, o aporte de recursos privados para P&D é expressivamente menor que os aportes públicos para essas atividades. Mesmo em economias liberais onde o Estado tem menor influência sobre as atividades econômicas, como é o caso dos Estados Unidos, os recursos federais ainda têm peso significativo para o desenvolvimento de C&T, mas não tanto quanto o caso brasileiro. A relação entre instituições de ensino e pesquisa e o setor produtivo, principalmente sua parcela privada, ainda é incipiente no Brasil (Suzigan e Albuquerque, 2011), o que não permite um fluxo maior de recursos da iniciativa privada para as universidades. Apesar dos esforços do governo em promover essa relação entre as partes, a exemplo dos fundos setoriais, a insuficiência de interações sistemáticas e de largo prazo torna imprescindível o aporte de recursos massivos por parte do governo, para o desenvolvimento e a criação de infraestruturas de pesquisa.

Mesmo com a atuação contínua do CT-Infra e das ações transversais, a quantidade de projetos menores (Nascimento e Oliveira, 2013) e a ausência de um plano de longo prazo com direcionamentos para áreas específicas da infraestrutura de C&T nacional não permitem que o país alcance índices de crescimento na área de C&T comparáveis aos de países como Coreia e Japão (Albuquerque, 2003). A condição de economia com um SNI ainda não consolidado como o de outros países força o governo brasileiro a concentrar esforços na incrementação e na atualização de suas capacidades produtivas de C&T, em comparação com países líderes no setor, e dificulta a realização de maiores esforços para a busca de inovação (Freeman, 2004). Por sofrer ainda uma relativa defasagem em termos de infraestrutura de C&T, as políticas de C&T são direcionadas a solução de carências ou desafios referentes ao setor, ao invés de haver políticas integradoras de inovação, educação, saúde etc., como acontece na política de C&T japonesa.

Apesar disso, a política dos FSs segue uma linha de modelo de financiamento público para CT&I que é usada há décadas pela UE. A semelhança entre os fundos e os *framework projects* pode ser um indicativo de sucesso. Guardadas as devidas diferenças conjunturais entre a economia do continente europeu e o Brasil, ambas as políticas operam em extensos territórios com acentuadas diversidades de setores produtivos, infraestruturas de P&D e culturas. E, como apresentado anteriormente neste texto, a UE não só acredita nesse modelo, como também elevou significativamente o orçamento de seu FP mais recente e simplificou o arcabouço burocrático para seus financiamentos.

Os dados do formulário auxiliam numa caracterização preliminar sobre as características do financiamento à infraestrutura de C&T do país; no entanto, uma investigação mais profunda é necessária para encontrar justificativas para os obstáculos ao desenvolvimento dessa área. Todavia, esses dados permitem observar alguns traços importantes do financiamento público à C&T. O fato de a fonte de maior volume de financiamento ser a própria instituição e a fonte com o maior número de infraestruturas financiadas ser o CNPq confirma o protagonismo do Estado como maior atuante no financiamento das infraestruturas de C&T. O surgimento e a modernização das infraestruturas indicam um sensível impacto das políticas públicas para CT&I nos últimos anos. A maior incidência de início das atividades ocorre entre 2000 e 2009, que são também os primeiros anos dos FSs. Somando-se a isso, houve maior número de ocorrência de modernização das infraestruturas entre um e cinco anos atrás, apontando para uma tendência de constante atualização.

Apesar de haver características promissoras, observa-se que o perfil das infraestruturas no país ainda é de instalações pequenas e com número reduzido de doutores. A faixa de maior ocorrência para o número de doutores é de zero a três, enquanto a área mais comum entre as infraestruturas é de até 100 m². A maior frequência dessas características não quer dizer que não haja laboratórios e centros de grande porte nos padrões de infraestruturas de C&T internacionais de ponta, mas a alta concentração desse perfil indica baixa diversificação dos laboratórios brasileiros.

O que fica claro com a comparação entre as políticas de CT&I internacionais e nacionais e com as informações sobre a infraestrutura de C&T do país e o financiamento público a ela é que o governo tem um papel determinante na promoção do desenvolvimento científico e tecnológico das instituições públicas e privadas, uma vez que somente ele tem o volume de recursos necessários para alavancar tal desenvolvimento numa economia como o Brasil. Porém, o governo, como fica claro em suas estratégias e metas para o tema, sabe que o setor privado deve ter maior participação no fomento e no desenvolvimento de CT&I. Somente com a consolidação do setor produtivo como um agente de importante atuação nas atividades de CT&I será possível provocar a evolução do SNI.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, E. M. **Immature systems of innovation**: introductory notes about a comparison between South Africa, India, Mexico and Brazil based on science and technology statistics. Belo Horizonte: UFMG, 2003. (Texto para Discussão, n. 221).

BAGATTOLLI, C. **Política científica e tecnológica e dinâmica inovativa no Brasil**. 2008. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Política Científica e Tecnológica, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

BRASIL. **Estratégia Nacional de Ciência e Tecnologia**. Brasília: MCTI, 2012.

BUSH, V. **Science, the endless frontier**: a report to the president by Vennevar Bush, director of the Office of Scientific Research and Development. Washington: United States Government Printing Office, 1945. Disponível em: <http://goo.gl/9b2L1w>. Acesso em: 30 out. 2014.

CGEE – CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Nova geração de política em ciência, tecnologia e inovação**. Brasília: CGEE, 2010a.

_____ . Formação de recursos humanos em áreas estratégicas de ciência, tecnologia e informação. *In:* BALBACHEVSKY, E. **Recursos humanos em áreas estratégicas para inovação**: a experiência internacional. Brasília: CGEE, 2010b.

ETZKOWITZ, H. **Hélice tríplice**: universidade-indústria-governo – inovação em movimento. Porto Alegre: EdiPUCRS, 2009.

FREEMAN, C. The National System of Innovation in historical perspective. **Cambridge Journal of Economics**, v. 19, p. 15-24, 1995.

_____. Technological infrastructure and international competitiveness. **Industrial and Corporate Change**, v. 13, n. 3, p. 541-569, 2004.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Relatório nº1. Fundos setoriais e sistema nacional de inovação: uma avaliação exploratória. *In*: LEMOS, M. B. *et al.* (Coords.). **Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Sistema Nacional de Inovação e as empresas do núcleo da indústria no Brasil**. Brasília: Ipea; UFMG, 2009.

JAPAN. **Japan's science and technology basic report**. Concil for Science and Technology Policy, 2010.

MORAIS, J. M. de. Uma avaliação de programas de apoio financeiro à inovação tecnológica com base nos fundos setoriais e na Lei de Inovação. *In*: DE NEGRI, J. A.; KUBOTA, L. C. (Orgs.). **Políticas de incentivo à inovação tecnológica no Brasil**. Brasília: Ipea, 2008.

MOTOYAMA, S. **Prelúdio para uma história**: ciência e tecnologia no Brasil. São Paulo: USP, 2004.

NASCIMENTO, P. A. M. M.; OLIVEIRA, J. M. Papel das ações transversais no FNDCT: redirecionamento, redistribuição, indução ou nenhuma das alternativas? **Revista Brasileira de Inovação**, v. 12, n. 1, p. 73-104, 2013.

OSTP – OFFICE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY POLICY. **Research infrastructure in the president's 2011 budget**. Executive Office of the President. Washington: OSTP, 2010. Disponível em: <http://goo.gl/eul7Tl>. Acesso em: 10 jun. 2014.

PACHECO, C. A. Estratégia para fundos setoriais. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 6, n. 1, p. 191-223, 2007.

SUZIGAN, W.; ALBUQUERQUE, E. M. A interação entre universidades e empresas em perspectiva histórica no Brasil. *In*: SUZIGAN, W.; ALBUQUERQUE, E. M; CARIO, S. A. F. (Orgs.). **Em busca da inovação**: interação universidade-empresa no Brasil. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2011.

VELHO, S. **Universidade-empresa**: desvelando mitos. Campinas: Autores Associados, 1996.

TURCHI, L. M.; DE NEGRI, F.; DE NEGRI, J. A. (Orgs.). **Impactos tecnológicos das parcerias da Petrobras com universidades, centros de pesquisa e firmas brasileiras**. Brasília: Ipea, 2013.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

CGEE – CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. Nova geração de política em ciência, tecnologia e inovação. *In*: _____. **Processos decisórios em política científica, tecnológica e de inovação no Brasil**: análise crítica. Brasília: CGEE, 2010.

_____ . Nova geração de política em ciência, tecnologia e inovação. *In*: VELHO, L. **Modos de produção do conhecimento e inovação**: estado da arte e implicações para a política científica, tecnológica e de inovação. Brasília: CGEE, 2010.

PACHECO, C. A. **As reformas da política nacional de ciência, tecnologia e inovação no Brasil (1999-2000)**. Santiago de Chile: Cepal, 2003.

CAPÍTULO 15

ÁREAS DE MAIOR ESPECIALIZAÇÃO CIENTÍFICA DO BRASIL E IDENTIFICAÇÃO DE SUAS ATUAIS INSTITUIÇÕES LÍDERES

Paulo A. Meyer M. Nascimento[1]

1 INTRODUÇÃO

O Brasil experimentou nas últimas décadas um contínuo e intenso crescimento de sua participação relativa no número de artigos publicados em periódicos indexados internacionalmente. Atribui-se muito desse sucesso a décadas de investimentos de governos federais e estaduais no desenvolvimento de recursos humanos e de infraestruturas de pesquisa (Almeida e Guimarães, 2013; Brito Cruz e Chaimovich, 2010). No entanto, na maioria das áreas de conhecimento, os indicadores de impacto sugerem que os artigos assinados por autores sediados no país são de reduzida visibilidade internacional (Zago, 2011). Ademais, dados de bases bibliométricas internacionais (como ISI/Web of Science ou Scopus) começam a sinalizar, a partir do fim da década de 2000, certo esgotamento do potencial de expansão da produção científica brasileira.

Diante desta tendência, é possível que as políticas com foco na formação de uma diversificada e sólida base científica nacional tenham alcançado a maturidade depois de cinco ou seis décadas de esforços, ao menos em termos da quantidade de artigos publicados.

Partindo desse pressuposto, este capítulo busca identificar as áreas em que a base científica brasileira está – ou tenha potencial de vir a estar – na fronteira internacional ou próxima dela. Para tanto, utiliza dados do ISI/Web of Science para calcular uma medida de vantagem comparativa revelada, sem antes deixar de mostrar o salto quantitativo das últimas décadas e a tendência recente à estabilização. Daí, analisa um conjunto de indicadores na tentativa de sinalizar se efetivamente o país já é referência global ou seguidor nas áreas em que tem especialização relativa. São analisados particularmente o grau de participação do Brasil nessas áreas, a visibilidade internacional de sua produção, o impacto dos artigos publicados com

1. Técnico de planejamento e pesquisa da Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação, Regulação e Infraestrutura (Diset) do Ipea e doutorando em economia pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). O autor agradece pelos comentários, pelas críticas e pelas sugestões dos pareceristas Lucas Mation e Lenita Maria Turchi. As eventuais inconsistências, os erros e as omissões porventura remanescentes são de inteira responsabilidade do autor.

pesquisadores de outros países e o desempenho das instituições nacionais mais produtivas comparativamente a potenciais *benchmarks* globais. Busca-se, com isso, fornecer instrumentos objetivos para a identificação de possíveis áreas estratégicas nacionais em termos de competências científicas.

Dentro de tal perspectiva, este capítulo está organizado em sete seções, sendo a primeira esta introdução. A seção 2 traz algumas considerações acerca dos limites e das possibilidades da base de dados utilizada. A seção 3 reporta dados que traçam uma evolução da produção científica brasileira nas últimas décadas. A seção 4 apresenta um indicador de vantagens comparativas reveladas que, aplicado aos dados de produção científica levantados, sinaliza as áreas de maior especialização científica do Brasil. As seções 5 e 6 fazem uma análise, a partir de indicadores objetivos, do desempenho do país e das suas principais instituições em comparação com potenciais *benchmarks* globais, nas áreas de maior especialização científica do Brasil. A seção 7 traz as considerações finais.

2 CONSIDERAÇÕES SOBRE A FONTE DE DADOS

Para proceder à presente análise da produção científica brasileira, recorreu-se à base da Thomson Reuters (ISI) Web of Science. Trata-se de uma plataforma disponível para assinantes do portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes). Nela é possível prospectar informações sobre os artigos publicados em mais de 7 mil periódicos, cada um dos quais associado a pelo menos uma entre mais de 150 disciplinas. Estas, por sua vez, são reunidas em cinco categorias de áreas de pesquisa: *artes e humanidades*; *ciências da vida e biomedicina*; *ciências físicas*; *ciências sociais*; e *tecnologia*. São analisadas neste capítulo as disciplinas classificadas nas três categorias mais relacionadas ao desenvolvimento tecnológico: ciências da vida e biomedicina, ciências físicas e tecnologia.

Ressalte-se que, embora tenha a vantagem de permitir tanto comparações internacionais em nível agregado quanto análises bibliométricas de campos de estudo específicos (Hollanders e Soete, 2010), bases como a Web of Science (e também sua principal concorrente, a Scopus) são vistas por alguns com reservas. A principal razão é o seu potencial viés anglo-saxão na definição dos periódicos a serem indexados (Archibugi e Coco, 2004), deixando muitas vezes de fora periódicos locais que podem ser canais importantes de difusão de novos conhecimentos relevantes a países em desenvolvimento (Brito Cruz e Chaimovich, 2010). De todo modo, artigos científicos indexados internacionalmente são a parte mais visível da produção científica capaz de influenciar globalmente os rumos da ciência (Archibugi e Coco, 2004).[2]

2. Esforços existem para desenvolver sistemas de indexação que privilegiem periódicos editados em países em desenvolvimento. Um exemplo disso é a Scielo. Recorrer a bases como a Scielo, contudo, significa passar a desconsiderar os periódicos editados nos países desenvolvidos. Além disso, a própria Scielo já está incorporada ao Web of Science.

As buscas são feitas diretamente no portal Web of Science. Alguns resultados podem ser posteriormente extraídos do portal em determinados formatos de arquivo. Este é o caso dos dados referentes, por exemplo, ao ano das publicações, ao nome dos periódicos, às disciplinas a que estão associadas, às agências financiadoras e aos autores do estudo (nome do autor, organização a que está afiliado e país do seu endereço de correspondência). O portal fornece informação limitada, contudo, quanto ao número de citações por artigo. Apesar de ser um dado essencial para estudos bibliométricos, o número de citações só é fornecido em relatórios que o portal gera automaticamente para buscas que resultem em, no máximo, 10 mil observações.[3] Isto é uma limitação de relevo, tendo em vista que em buscas por disciplinas e por países seja comum ultrapassar esse limite, mesmo quando é restringida a busca para um único ano de publicação.

Para este trabalho foram feitas buscas avançadas no Web of Science Core Collection (principal base de artigos publicados disponível no portal). A atualização do portal é permanente, sendo artigos e periódicos constantemente incorporados, inclusive de anos passados. Os dados apresentados neste trabalho referem-se à atualização informada pelo portal até 7 de novembro de 2014. As buscas foram feitas inicialmente por ano de publicação e posteriormente refinadas, a depender do dado a ser reportado, por área de pesquisa, instituição de afiliação dos autores e país do endereço de correspondência por eles informado na publicação. Na terminologia do portal, são esses respectivamente os campos de *year published* (PY), *research area* (SU), *organization-enhanced* (OG) e *country* (CU).

Com essas quatro variáveis de refinamento, foram levantados os dados necessários para gerar os indicadores relacionados à participação relativa e à vantagem comparativa revelada. Já o indicador de número de artigos por milhão de habitantes (seção 3) demandou recorrer adicionalmente a dados divulgados pelo Banco Mundial sobre população. Por fim, o índice *H* (seção 5) é calculado automaticamente pelo portal Web of Science, quando o número de observações não ultrapassa 10 mil e o portal consegue gerar relatórios de citações.

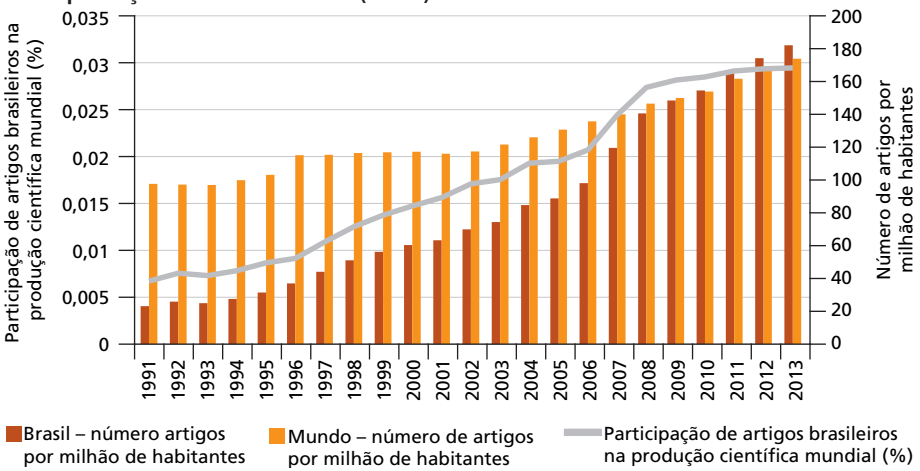
3 OS AVANÇOS DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA BRASILEIRA NAS ÚLTIMAS DÉCADAS

A expressiva escalada da produção científica brasileira nas últimas décadas é fato já disseminado em diversas publicações e relatórios de organismos internacionais (Almeida e Guimarães, 2013; Brito Cruz e Chaimovich, 2010; Helene e Ribeiro, 2011; King, 2009; Leite, Mugnaini e Leta, 2011; Regalado, 2010). Os dados

3. A Thomson Reuters permite acesso mais amplo a dados sobre citações apenas por meio de outras ferramentas que oferece, em especial o Essential Science Indicators (ESI) e o Incites. Essas ferramentas, contudo, requerem assinaturas à parte e não estavam disponíveis para a elaboração deste trabalho. Além disso, seu ambiente *on-line* não é perfeitamente compatível com a ferramenta do Web of Science. As buscas são geradas em um formato diferente, sendo que no caso do ESI há o agravante de ser diferente a classificação disponível das áreas de pesquisa.

apresentados no gráfico 1 mostram que o crescimento da participação brasileira, embora pareça desacelerar a partir do final da década de 2000, propiciou uma mudança de patamar da produção científica no Brasil.

GRÁFICO 1
Número de artigos por milhão de habitantes (Brasil e mundo) e participação na produção científica mundial (Brasil) – 1991 a 2013

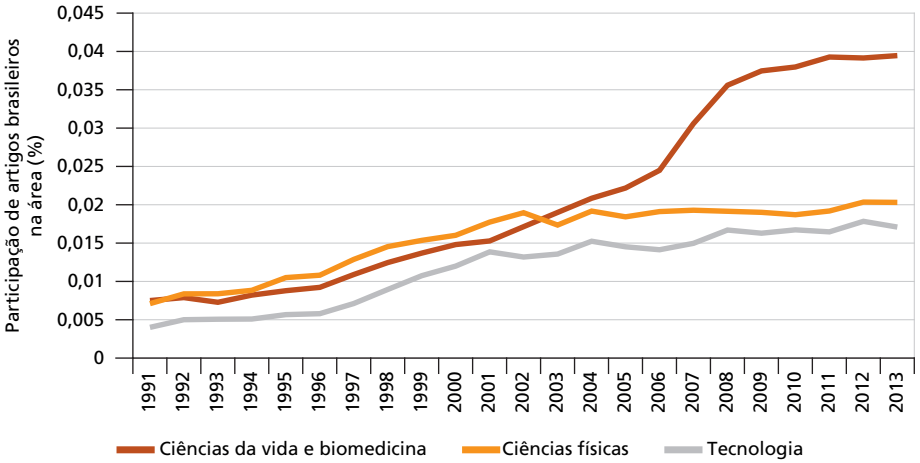


Fonte: ISI/Web of Science e World Development Indicators.
Elaboração do autor.

Como se vê no gráfico 1, a partir de 2010 a relação de artigos publicados por milhão de habitantes é maior no Brasil do que a mesma relação calculada com dados globais. Isto significa que os pesquisadores sediados no país conseguem atualmente publicar proporcionalmente mais artigos em periódicos internacionais do que o fazem seus pares espalhados pelo mundo. No início da década de 1990, esse indicador era mais do que quatro vezes superior para o resto do mundo do que para o Brasil. Passadas duas décadas de *catching up*, a ciência brasileira passa a exibir produtividade, medida em número de artigos por milhão de habitantes, mais elevada que a média global. Não por acaso, entre 1991 e 2013 a participação nacional na produção científica internacional saiu de pouco menos de 0,7% para quase 3%.

Esse crescimento mostra-se relativamente homogêneo durante a década de 1990 entre os três grandes campos de conhecimento aqui tomados para análise, mas a partir dos anos 2000 é o campo das ciências da vida e biomedicina que impulsiona o crescimento da produção científica nacional. Tal cenário é ilustrado pelo gráfico 2.

GRÁFICO 2
Participação na produção científica mundial, por campo do conhecimento do ISI/Web of Science – Brasil (1991 a 2013)



Fonte: ISI/Web of Science.
Elaboração do autor.

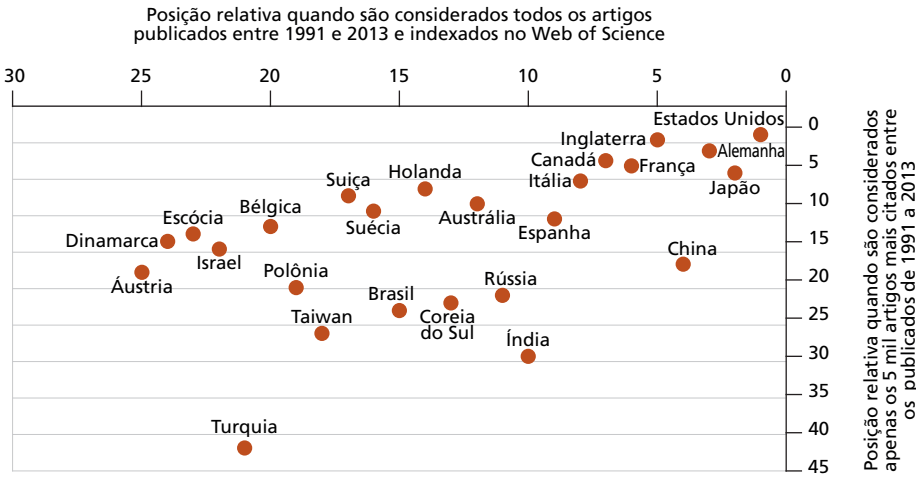
Percebe-se no gráfico 2 um salto conjunto e quase que paralelo dos três campos de conhecimento entre meados da década de 1990 e princípios da década de 2000. Esse movimento reflete-se no formato exponencial que se vê na curva do gráfico 1 nos períodos 1993-1994 e 2002-2003. A partir daí uma nova tendência exponencial se verifica na curva do gráfico 1, desta vez puxada, como se pode perceber com a observação do gráfico 2, pelo campo das ciências da vida e biomedicina. O segundo salto exponencial do gráfico 1 mantém-se até aproximadamente 2008. Nesse mesmo ano, o gráfico 2 mostra que a participação do Brasil nas áreas de ciências da vida e biomedicina reduz seu crescimento – e uma tendência à estabilização se verifica a partir de 2011. A participação nas áreas de ciências físicas e de tecnologia ainda cresce durante os anos 2000, porém indicando uma tendência de estabilidade, quando os dados são analisados em conjunto com os referentes à década de 1990.

É possível, pois, que a base científica brasileira esteja alcançando uma estabilidade em termos de participação na produção mundial de artigos científicos. Pode ser que isto seja reflexo de certa maturidade das comunidades científicas estabelecidas no país, e que, daqui para a frente, mantendo tudo o mais constante, sejam cada vez menores as possibilidades de avanços substanciais da base científica nacional em termos de participação do país na produção científica mundial.

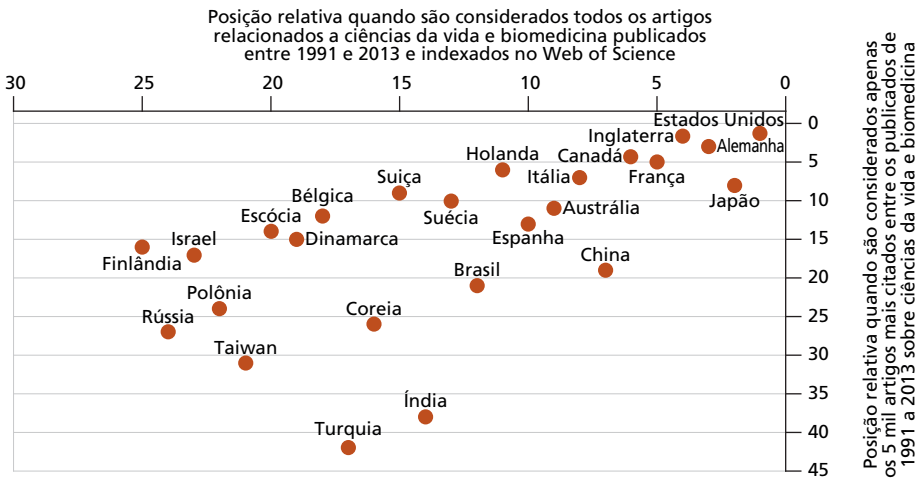
Esse possível amadurecimento em termos de participação relativa, entretanto, não veio acompanhado de visibilidade na mesma magnitude. Zago (2011) destaca que, embora a pesquisa brasileira tenha tido um progresso quantitativo significativo nas últimas décadas, o progresso qualitativo foi menos expressivo e seu impacto

internacional ainda é reduzido, prosseguindo distante de países líderes. Com efeito, a posição relativa do Brasil desce vários degraus quando são considerados apenas os artigos mais citados. Esse cenário repete-se mesmo quando o recorte recai sobre a área de ciências da vida e biomedicina, na qual o *boom* de artigos brasileiros foi mais intenso na última década. O gráfico 3 ilustra isso.

GRÁFICO 3
Posição relativa dos 25 países de maior participação relativa antes e depois de serem considerados apenas os 5 mil artigos mais citados (1991 a 2013)
3A – Todas as áreas



3B – Apenas artigos publicados na área de ciências da vida e biomedicina



Fonte: ISI/Web of Science.
Elaboração do autor.

Os gráficos 3A e 3B mostram que a base científica brasileira torna-se menos relevante quando o ranqueamento passa a ser feito levando em conta apenas os 5 mil artigos mais citados no período de 1991 a 2013. Isto ocorre tanto quando são considerados todos os artigos indexados no Web of Science, como quando são analisados apenas os artigos classificados em áreas de ciências da vida e biomedicina. No primeiro caso (gráfico 3A), o Brasil sai da 15ª para a 24ª posição; no segundo (gráfico 3B), sai da 12ª para a 21ª.

Pode-se fazer uma interpretação conjunta dos gráficos 1, 2 e 3 que delineie, em termos gerais, a base científica nacional. Tendo ganhado escala nos últimos vinte anos, ela deixou de ser pouco expressiva em termos de publicação de artigos científicos indexados internacionalmente para consolidar o Brasil como um país de porte médio nesse quesito. Os ganhos de escala ocorreram em todas as áreas, mas na última década foram substancialmente mais expressivos na área de ciências da vida e biomedicina. No entanto, o salto quantitativo não foi acompanhado por um progresso qualitativo na mesma magnitude. A pesquisa brasileira ainda tem, de modo geral, reduzida visibilidade internacional.

Novos saltos quantitativos e progressos qualitativos exigirão uma mudança nos padrões de organização e de gestão da produção científica e tecnológica (Zago, 2011). Nessa ótica, o estágio seguinte passaria por políticas de otimização da infraestrutura científica instalada, fomentando redes de visibilidade internacional e, para além da produção de artigos, incentivando o desenvolvimento de novos produtos, processos e tecnologias. Por essa ótica, a identificação de especializações científicas nacionais pode contribuir para a definição de possíveis "áreas estratégicas" em futuras políticas de ciência e tecnologia.

4 ÁREAS DE ALTÍSSIMA E DE ALTA ESPECIALIZAÇÃO CIENTÍFICA DO BRASIL ENTRE 2009 E 2013

O índice de especialização científica utilizado neste trabalho será a medida de *vantagem comparativa revelada* (VCR)[4] proposta por Lattimore e Revesz (1996) e utilizada por Chaves e Póvoa (2009) e por Nascimento (2012). Essa medida é dada por:

$$VCR_{i,j} = \frac{\frac{A_{i,j}}{\sum_{i=1}^{N} A_{i,j}}}{\frac{\sum_{j=1}^{J} A_{i,j}}{\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{J} A_{i,j}}}$$

Em que:

A = número de artigos;

i = país;

N = totalidade de países;

j = área;

J = totalidade de áreas.

4. *Scientific Revealed Comparative Advantagem (SRCA).*

A medida de VCR remete à especialização científica sob duas perspectivas: *i*) participação de um país no total de artigos de uma área de pesquisa em relação à participação deste mesmo país no total global de artigos de todas as áreas; e *ii*) participação de um país na publicação de artigos de uma determinada área de pesquisa em relação à parcela que o conjunto de artigos publicados naquela área representa do total de artigos indexados em todas as áreas. Se apresentar valor acima de 1, revelará uma vantagem comparativa do país *i* na área *j*, sendo tanto maior essa vantagem quanto maior for o valor que assume a medida. VCR igual a 1 significa que a quantidade de artigos da área *j* publicada por pesquisadores do país *i* segue o padrão médio global. Valores abaixo de 1 sinalizam que a base científica nacional não é especializada naquela área.

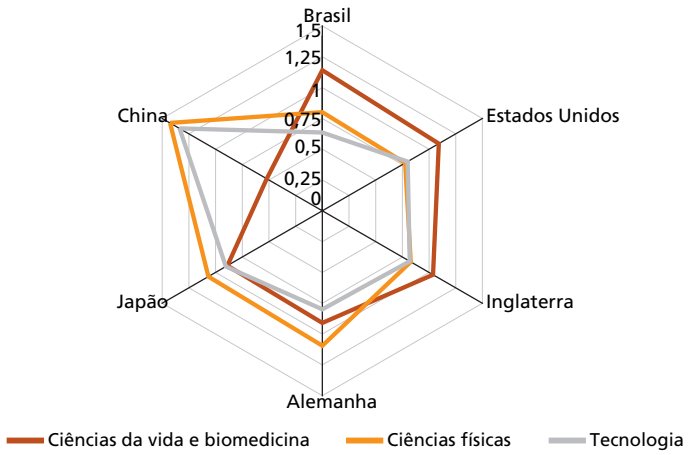
Remete-se neste trabalho o parâmetro *J* (totalidade de áreas) às áreas de um mesmo campo do conhecimento. Assim, a medida de VCR de uma área terá como parâmetro *J* as 75 áreas das ciências da vida e biomedicina ou as dezessete áreas das ciências físicas ou as 21 relacionadas à tecnologia, a depender do campo do conhecimento em que esteja classificada a área *i*. Recomenda-se que essa mesma estratégia seja adotada em análises com outras agregações de campo do conhecimento – por exemplo, quando classificando as áreas de acordo com a tabela do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). O objetivo com isto é reduzir eventuais distorções decorrentes da possibilidade de que algumas áreas historicamente disponham de mais veículos indexados, contenham comunidades científicas mais numerosas e/ou apresentem maior propensão a publicar por parte dos pesquisadores nela atuantes – ensejando, por conseguinte, maior quantidade de artigos publicados. Evidentemente que esse risco não é eliminado pelos agrupamentos feitos na base do ISI/Web of Science, especialmente no tão amplo e heterogêneo campo das ciências da vida e biomedicina. Sem a pretensão de eliminá-las, o que se busca é reduzir as distorções decorrentes da natureza heterogênea das diversas áreas de pesquisa, melhorando a qualidade do indicador de especialização.

Países com infraestrutura científica ampla e bem desenvolvida costumam apresentar baixos índices médios de especialização relativa, indicando que sua produção científica é bem distribuída entre as diversas áreas (Chaves e Póvoa, 2009). Dados de 2008 apresentados por Chaves e Póvoa (2009) já indicavam que o Brasil possui um perfil misto de especialização científica, por não exibir concentração em áreas homogêneas – quando muito, um viés para o setor de saúde. Os dados levantados para este trabalho indicam que esse viés para o setor de saúde tem-se intensificado bastante e que já é possível dizer que a produção científica brasileira tem certa especialização em áreas do campo de ciências da vida e biomedicina – porquanto o Web of Science agrega nesse campo um conjunto bastante heterogêneo de áreas. Os gráficos 4A e 4B mostram o VCR do Brasil e dos cinco países que mais publicam artigos científicos.[5] No gráfico 4A, o VCR refere-se ao período de 1991 a 2013; no 4B, de 2009 a 2013.

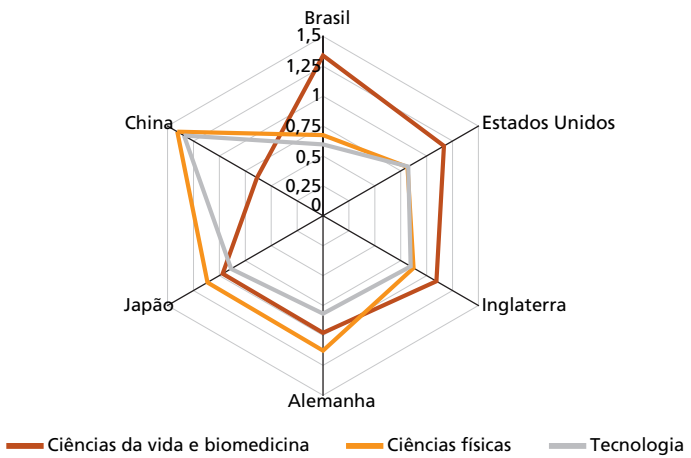
5. No quinquênio 2009-2013, os cinco países que mais publicaram artigos científicos foram, pela ordem: Estados Unidos, China, Alemanha, Japão e Inglaterra.

GRÁFICO 4
VCR do Brasil e dos cinco países que mais publicam artigos científicos no mundo

4A – VCR para o período de 1991 a 2013



4B – VCR para o período de 2009 a 2013



Fonte: ISI/Web of Science.
Elaboração do autor.

Os índices VCR expostos nos gráficos 4A e 4B mostram que no Brasil e na China é mais notória a especialização em um ou dois campos do conhecimento (no caso do Brasil, ciências da vida e biomedicina; no da China, tanto ciências físicas quanto tecnologia). Já os Estados Unidos, a Alemanha, o Japão e a Inglaterra têm perfis mais mistos, com um leve viés da base científica norte-americana para o campo de ciências da vida e biomedicina. Note-se que o viés brasileiro para esse campo tem se intensificado nos últimos anos, refletindo no gráfico 4 a evolução apresentada no gráfico 2.

De todo modo, quando abrimos esses três campos nas suas mais de 150 áreas, em apenas cinco delas o Brasil teria altíssima ou alta especialização, reforçando que a base científica do país é diversificada. Isto pode refletir uma bem-sucedida política de longo prazo, mas a pulverização das infraestruturas disponíveis e o baixo nível de especialização das instituições de pesquisa limitam novos ganhos de escala e sua capacidade de desenvolver pesquisas de fronteira em alguma área do conhecimento. Barata *et al.* (2014) destacam que em quase todas as instituições brasileiras que fazem pesquisa (majoritariamente as universidades) há grupos atuando em praticamente todos os campos do conhecimento, e que as diversas comunidades científicas apresentam capacidade instalada similar. Este padrão possivelmente reflete o baixo nível de especialização das instituições de pesquisa brasileiras. Tal característica pode repercutir negativamente sobre a produtividade e a visibilidade das próprias comunidades científicas do país (Barata *et al.*, 2014; Leahey, 2007).

A identificação de áreas científicas em que o país tenha competências estabelecidas e potencial de liderança global poderá gerar insumos para políticas focadas no desenvolvimento ou no fortalecimento de redes de colaboração envolvendo pesquisadores nacionais dessas áreas.

As tabelas 1, 2 e 3 exibem as medidas de VCR no quinquênio 2009-2013 para cada uma das áreas que o ISI/Web of Science distribui por três campos do conhecimento.

TABELA 1
VCR para as áreas do campo das ciências da vida e biomedicina – Brasil (2009 a 2013)

Ciências da vida e biomedicina	VCR	Ciências da vida e biomedicina	VCR	Ciências da vida e biomedicina	VCR
Medicina tropical	5,08	Pesca	0,99	Neurociência e neurologia	0,62
Parasitologia	3,54	Psiquiatria	0,99	Bioquímica e biologia molecular	0,61
Odontologia, cirurgia oral e medicina	3,44	Oftalmologia	0,98	Ortopedia	0,61
Agricultura	3,14	Saúde pública, ambiental e ocupacional	0,95	Medicina geral e interna	0,60
Ciências veterinárias	2,57	Genética e hereditariedade	0,94	Virologia	0,60
Silvicultura	2,54	Sistema respiratório	0,90	Reabilitação	0,60
Enfermagem	2,43	Fisiologia	0,90	Antropologia	0,58
Entomologia	2,35	Farmacologia e farmácia	0,87	Biologia do desenvolvimento	0,57
Micologia	2,23	Ciência comportamental	0,87	Pediatria	0,56
Zoologia	2,18	Biologia evolucionária	0,86	Anestesiologia	0,55
Anatomia e morfologia	2,13	Otorrinolaringologia	0,85	Biologia celular	0,48
Biodiversidade e conservação	2,04	Endocrinologia e metabolismo	0,84	Biofísica	0,47
Outros tópicos de ciências biomédicas da vida	1,99	Microbiologia	0,78	Hematologia	0,42
Ciências das plantas	1,57	Paleontologia	0,78	Alergia	0,40
Ciências do esporte	1,48	Imunologia	0,77	Medicina legal	0,39
Medicina integrativa e complementar	1,39	Transplante	0,76	Radiologia, medicina nuclear e imagiologia médica	0,32
Biologia reprodutiva	1,35	Biotecnologia e microbiologia aplicada	0,70	Gastroenterologia e hepatologia	0,32

(Continua)

(Continuação)

Ciências da vida e biomedicina	VCR	Ciências da vida e biomedicina	VCR	Ciências da vida e biomedicina	VCR
Nutrição e dietética	1,27	Tecnologia laboratorial médica	0,70	Abuso de substâncias químicas	0,30
Cirurgia	1,25	Ciências ambientais e ecologia	0,70	Biologia matemática e computacional	0,30
Ciência e tecnologia dos alimentos	1,22	Medicina de pesquisa e experimental	0,69	Oncologia	0,29
Dermatologia	1,14	Geriatria e gerontologia	0,67	Informática médica	0,25
Doenças contagiosas	1,12	Urologia e nefrologia	0,65	Ciências e serviços da saúde	0,24
Toxicologia	1,12	Obstetrícia e ginecologia	0,65	Ética médica	0,24
Reumatologia	1,02	Patologia	0,65	Medicina de urgência	0,10
Biologia marinha e de água doce	1,02	Sistema cardiovascular e cardiologia	0,64		

Fonte: ISI/Web of Science.
Elaboração do autor.
Obs.: 1. Serão analisadas neste trabalho as produções das áreas de cada grupo cujo SRCA tenha sido maior do que 1. Considerar SCRA>3 como muito alto; entre 2 e 3 como alto; entre 1 e 2 como médio. Não incluir na análise final áreas muito amplas e que possam ser base para outras áreas (marcadas com *).
2. A área de medicina intensiva não apresentou resultados para a busca referente ao período de 2009 a 2013.
3. Em cinza, áreas com VCR>1,5, parâmetro utilizado por Chaves e Póvoa (2009) para indicar maior especialização.

TABELA 2
VCR para as áreas do campo das ciências físicas – Brasil (2009 a 2013)

Ciências físicas	VCR
Mineração e processamento mineral	1,80
Astronomia e astrofísica	1,56
Mineralogia	1,28
Geografia física	1,18
Recursos hídricos	1,11
Física	1,03
Geologia	1,03
Oceanografia	1,02
Ciência dos polímeros	1,02
Matemática	1,01
Química	0,97
Termodinâmica	0,94
Eletroquímica	0,91
Meteorologia e ciências atmosféricas	0,86
Geoquímica e geofísica	0,80
Cristalografia	0,70
Óptica	0,68

Fonte: ISI/Web of Science.
Elaboração do autor.
Obs.: 1. Serão analisadas neste trabalho as produções das áreas de cada grupo cujo SRCA tenha sido maior do que 1. Considerar SCRA>3 como muito alto; entre 2 e 3 como alto; entre 1 e 2 como médio. Não incluir na análise final áreas muito amplas e que possam ser base para outras áreas (marcadas com *).
2. A área de medicina intensiva não apresentou resultados para a busca referente ao período de 2009 a 2013.
3. Em cinza, áreas com VCR>1,5, parâmetro utilizado por Chaves e Póvoa (2009) para indicar maior especialização.

TABELA 3
VCR para as áreas do campo de tecnologias – Brasil (2009 a 2013)

Tecnologia	VCR
Microscopia	3,49
Sensoriamento remoto	1,68
Espectroscopia	1,35
Pesquisa de operações e ciência do gerenciamento	1,32
Energia e combustíveis	1,15
Tecnologia e ciência nuclear	1,13
Ciência da Computação	1,09
Outros tópicos de ciência e tecnologia	1,03
Engenharia	1,01
Mecânica	0,99
Acústica	0,97
Ciência dos materiais	0,93
Metalurgia e engenharia metalúrgica	0,89
Automação e sistemas de controle	0,88
Tecnologia de construção e edificações	0,84
Instrumentos e instrumentação	0,83
Ciências de imagem e tecnologia fotográfica	0,82
Ciência da informação e biblioteconomia	0,57
Telecomunicações	0,53
Robótica	0,47
Transporte	0,42

Fonte: ISI/Web of Science.
Elaboração do autor.
Obs.: 1. Serão analisadas neste trabalho as produções das áreas de cada grupo cujo SRCA tenha sido maior do que 1. Considerar SCRA>3 como muito alto; entre 2 e 3 como alto; entre 1 e 2 como médio. Não incluir na análise final áreas muito amplas e que possam ser base para outras áreas (marcadas com *).
2. A área de medicina intensiva não apresentou resultados para a busca referente ao período de 2009 a 2013.
3. Em cinza, áreas com VCR>1,5, parâmetro utilizado por Chaves e Póvoa (2009) para indicar maior especialização.

Chaves e Póvoa (2009) centram suas análises nas áreas com VCR acima de 1,5, estabelecendo esse valor como parâmetro para definir as áreas de maior especialização. Utiliza-se neste trabalho esse mesmo patamar para filtrar as áreas com maiores níveis de especialização científica. Como se pode perceber, nas tabelas de 1 a 3, são, ao todo, dezoito áreas que apresentam VCR acima de 1,5: quatorze no campo das ciências da vida e biomedicina, duas em ciências físicas e duas em tecnologia.

Propõem-se segmentar esse conjunto de dezoito áreas em três diferentes patamares.[6] No primeiro patamar, estaria a área de medicina tropical, cujo VCR de 5,08 é muito superior ao de qualquer outra área. Esta seria, portanto, a área de altíssima especialização científica do Brasil. Em segundo, as áreas com VCR acima de 3, que seriam as de alta especialização. Por fim, as áreas com VCR entre 1,5 e 3 seriam as de média-alta especialização. O quadro 1 faz essa segmentação.

QUADRO 1
Áreas de pesquisa do ISI/Web of Science em que o Brasil apresenta altíssimo, alto ou médio alto nível de especialização científica no quinquênio (2009-2013)

Nível de especialização científica	Áreas de pesquisa
Altíssimo (VCR≥5)	Medicina tropical
Alto (3≤VCR<5)	Parasitologia Microscopia Odontologia, cirurgia e saúde oral Agricultura
Médio-alto (1,5≤VCR<3)	Ciências veterinárias Silvicultura Enfermagem Entomologia Micologia Zoologia Anatomia e morfologia Biodiversidade e conservação Outros tópicos de ciências biomédicas da vida Mineração e processamento mineral Sensoriamento remoto Ciências das plantas Astronomia e astrofísica

Elaboração do autor, a partir de valores de VCR calculados com dados do ISI/Web of Science.
Obs.: Dentro de cada nível de especialização científica, as áreas de pesquisa foram enumeradas por ordem decrescente do valor de VCR que apresentaram.

Nas duas próximas seções serão apresentados os indicadores adicionais para as áreas de altíssimo e de alto nível de especialização científica. O objetivo será:

- analisar o grau de participação do Brasil nessas áreas e a visibilidade internacional de sua produção;
- mapear as instituições que se colocam como líderes nacionais nessas áreas; e
- identificar *benchmarks* globais.

6. Segmentação essa totalmente *ad hoc* e meramente sugestiva.

5 DESEMPENHO RELATIVO DO BRASIL NAS ÁREAS EM QUE APRESENTA ALTA OU ALTÍSSIMA ESPECIALIZAÇÃO CIENTÍFICA

Para analisar o desempenho relativo do Brasil nas áreas em que a medida de VCR indica altíssima ou alta especialização científica do país, foi considerado um conjunto de cinco indicadores. Tomaram-se para análise os artigos publicados no período compreendido entre 2009 e 2013. O intervalo de cinco anos estabelecido comporta concentrar o estudo, ao mesmo tempo, em bases científicas já consolidadas e em capacitações científicas atuais.

O primeiro deles é a parcela dos artigos publicados, medida em porcentagem, em que ao menos um dos autores informava endereço para correspondência no Brasil. Esse indicador expressa o quanto se concentra no Brasil a produção mundial na área. O segundo indicador é a posição relativa do país em termos de número de artigos publicados na área. Reforça a informação acerca do quão relevante *player* é o país em termos quantitativos na área. O terceiro indicador remete à presença de instituições nacionais entre as líderes globais, ao destacar quantas figuram entre as cinco que mais publicaram no mundo no período em análise.

Os dois indicadores seguintes informam, respectivamente, sobre o impacto da produção nacional e da produção da instituição que mais publicou no mundo no mesmo período. A ideia de colocar essas duas perspectivas é permitir analisar se a produção nacional na área tem visibilidade mundial ou se está muito aquém do impacto de quem aparece na fronteira.

O impacto das publicações nacionais e da instituição líder é medido, neste ponto da análise, pelo *fator H* (*H-index*), indicador bibliométrico bastante difundido desde sua divulgação inicial em Hirsch (2005). O fator *H* é calculado com base na lista de publicações enumeradas pela ferramenta de busca do próprio portal ISI/Web of Science. Estas publicações são ranqueadas em ordem decrescente de acordo com o número de citações recebidas por cada uma, e a partir disso o fator é calculado. O valor de *H* é igual ao número de *n* artigos presentes na lista que tenham sido citados *n* ou mais vezes no período observado. A título de exemplo, um fator *H* igual a 20 equivale a dizer que, entre os artigos considerados, vinte deles foram citados vinte ou mais vezes. Trata-se de um indicador sensível ao tamanho da amostra considerada, mas por isso mesmo torna-se útil como instrumento de comparação entre a produção, no mesmo período e para a mesma área, de dois ou mais pesquisadores, instituições ou países. Se, por um lado, conjuntos mais numerosos de artigos potencialmente exibirão valores mais altos para o fator *H*, por outro, conjuntos numerosos que exibem baixos valores têm baixa visibilidade e reduzido impacto na produção científica da área. O fator *H* é, portanto, um bom indicador sintético quando se deseja colocar em perspectiva ao mesmo tempo quantidade e qualidade da produção.

A tabela 4 reporta os indicadores selecionados, enumerando as cinco áreas em que o Brasil dispõe de maior especialização científica em ordem decrescente das medidas de VCR relatadas anteriormente nas tabelas de 1 a 3.

TABELA 4
Indicadores de desempenho para as cinco áreas de altíssima ou de alta especialização científica do Brasil

Área	Indicadores de desempenho				
	Participação em artigos da área (em %)	Posição do Brasil na área (em termos quantitativos)	H-index da produção nacional no período	H-index da instituição que mais publicou mo mundo no período	Número de instituições nacionais entre as cinco que mais publicaram no mundo no período
Medicina tropical	18,9	2º	31	26	2
Parasitologia	13,2	2º	33	27	2
Microscopia	5,7	6º	8	17	1
Odontologia, cirurgia oral e medicina	12,9	2º	36	28	3
Agricultura	11,7	2º	35	46	2

Fonte: ISI/Web of Science.
Elaboração do autor.

Percebe-se, pela observação da tabela 4, que o Brasil realmente coloca-se como relevante *player* global em quatro das cinco áreas de maior especialização: medicina tropical, parasitologia, odontologia, cirurgia e saúde oral, e agricultura.

Nessas áreas, o país é o segundo maior produtor de ciência e concentra elevada parcela da produção mundial (em medicina tropical chega a ter pesquisadores envolvidos em quase um quinto dos artigos publicados). Ademais, em cada uma delas há ao menos duas instituições nacionais entre as cinco que mais publicaram (na área de odontologia, cirurgia e saúde oral são três).

Além de extensa, a produção brasileira tem grande visibilidade nessas áreas. Nas três mais diretamente relacionadas à saúde, o fator *H* do conjunto de artigos publicados por pesquisadores sediados no Brasil supera o da instituição que mais publicou no período. Embora na área de agricultura isto não chegue a acontecer, o fator *H* de 35 exibido pela produção nacional é alto para os padrões da área.

Os indicadores sugerem, pois, que a base científica nacional seja de fato referência global nessas quatro áreas do conhecimento. Isto justificaria contínuos investimentos em infraestruturas que atendam a pesquisas nessas áreas, particularmente se for possível identificar tópicos de fronteira que poderiam ensejar novos produtos, processos e tecnologias com potencial inserção em mercados globais. Estudos que estão sendo conduzidos no Ipea sobre as infraestruturas de pesquisa dos sistemas setoriais de inovação poderão ajudar a mapear e caracterizar a

infraestrutura existente nessas áreas em que o Brasil mostra posicionamento na fronteira ou próximo dela. Isto contribuiria para a otimização da capacidade instalada, indicando com mais rigor onde os futuros investimentos deveriam concentrar-se.

Já a área de microscopia, a despeito de figurar como de alto nível de especialização relativa no Brasil, mostra-se distante da instituição de fronteira no quesito impacto. Dada a baixa visibilidade internacional de sua relativamente ampla produção, caberiam políticas específicas de inserção da base científica nacional em redes globais que estejam mais próximas da fronteira na área. Além disso, o mapeamento das infraestruturas disponíveis para pesquisa e desenvolvimento (P&D) em microscopia no país poderia ser útil para reestruturá-las, de maneira a aproximá-las do que existe na área em países e instituições de fronteira.

6 AS INSTITUIÇÕES LÍDERES NAS ÁREAS DE MAIOR ESPECIALIZAÇÃO CIENTÍFICA DO BRASIL

Interessa também mapear as instituições brasileiras que mais se destacam na produção de artigos nas cinco áreas de maior especialização relativa do Brasil, bem como identificar possíveis *benchmarks* internacionais. Neste ponto, além de enumerar instituições, vale reportar quanto concentram da produção nacional (no caso das principais instituições brasileiras) e mundial (no caso da instituição identificada como *benchmark*), a dimensão da visibilidade internacional de seus artigos, a sua inserção em redes globais e a qualidade dessa inserção.

A identificação das cinco principais instituições brasileiras e da que seria um potencial *benchmark* internacional é feita em termos de quantidade de artigos publicados na área. O indicador de impacto passa a ser o número de citações por artigo publicado, por ser menos sensível ao tamanho da amostra de artigos do que o fator *H*. Por fim, a quantidade de artigos em coautoria com pesquisadores sediados em outros países e o número médio de citações a desses artigos darão um contorno ao tamanho e à qualidade da inserção dessas instituições em redes internacionais. Seguem na análise artigos publicados entre 2009 e 2013.

A tabela 5 reporta quais são essas instituições e o resultado de seus indicadores.

TABELA 5

Indicadores de desempenho das instituições brasileiras que mais publicaram nas áreas de altíssima e de alta especialização relativa e do *benchmark* global em cada área

	As cinco instituições brasileiras que mais publicaram na área no período					A instituição que mais publicou na área no mundo no período (*benchmark*)				
Área	Quem são	Participação na produção nacional da área (em %)	Citações por artigo	Artigos com parceiros internacionais (%)	Citação por artigo em colaboração internacional	Quem é	Participação em artigos da área (%)	Citação por artigo	Artigos com parceiros internacionais (%)	Citação por artigo em colaboração internacional
Medicina Tropical	Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) Universidade de São Paulo (USP) Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) Universidade Estadual Paulista (Unesp) Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)	60,2	4,41	24,4	6,62	Fiocruz	5,5	5,33	29,8	7,24
Parasitologia	Fiocruz USP UFMG Unesp UFRJ	64,2	5,2	28,4	7,05	Fiocruz	3,7	5,79	32,2	8,22
Microscopia	USP UNESP Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) UFRJ Universidade Federal de São Paulo (Unifesp)	67,6	1,9	11,4	1,71	United States Department of Energy	3,8	7,96	40,7	10,23
Odontologia, cirurgia oral e medicina	USP Unesp Unicamp UFRJ UFMG	63,3	4,4	24,5	7,04	USP	3,7	4,76	25,6	7,65
Agricultura	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) Unesp USP Universidade Federal de Viçosa (UFV) Universidade Federal de Lavras (Ufla)	51,5	2,02	12,6	4,24	United States Department of Agriculture (USDA)	4,3	5,47	24,3	6,41

Fonte: ISI/Web of Science.
Elaboração do autor.

As instituições brasileiras são *benchmarks* internacionais em três das cinco áreas. Pelos critérios adotados neste trabalho, a Fiocruz seria atualmente a principal referência global em medicina tropical e em parasitologia, enquanto a USP seria na área de odontologia, cirurgia e saúde oral. Essas instituições puxam para cima os indicadores de impacto e de inserção em redes globais da base científica nacional. Nas três áreas, as cinco instituições que mais publicaram entre 2009 e 2013 localizam-se na região Sudeste e respondem por mais de 60% da produção nacional.

Na área de agricultura a concentração das publicações é menor, cabendo às cinco principais instituições brasileiras pouco mais da metade dos artigos publicados no período por pesquisadores sediados no país. O *benchmark* internacional não mais é uma instituição brasileira, e sim o United States Department of Agriculture (USDA). Nota-se que a visibilidade internacional dos artigos publicados por pesquisadores do USDA é quase três vezes maior do que a das cinco principais instituições do Brasil na área. Além disso, a instituição norte-americana envolve-se quase que duas vezes mais em artigos realizados em colaboração com pesquisadores de outros países. Os artigos com coautoria internacional costumam ter maior visibilidade. Ainda que possa haver razões para que a produção científica brasileira da área de agricultura fosse majoritariamente orientada para questões internas, seu avanço no futuro decerto passa por aproximar-se de redes de pesquisa internacionais, até mesmo para disseminar os bem-sucedidos casos que a P&D nacional (liderada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa) obteve na área nas últimas décadas.

Mais uma vez, a despeito de o país revelar vantagem comparativa na área de microscopia, os indicadores sugerem que, atualmente, tais vantagens limitam-se a uma perspectiva quantitativa. Os indicadores de impacto e de inserção em redes globais mostram-se reduzidos e muito aquém do desempenho exibido pela instituição identificada como *benchmark* da área, o United States Department of Energy. Este cenário reforça a necessidade de políticas ainda focadas no fortalecimento das capacitações científicas em microscopia, em paralelo à otimização de suas infraestruturas de pesquisa. Trata-se de uma área de pesquisa bem concentrada em poucas instituições (as cinco brasileiras que mais publicam concentram mais de dois terços da produção nacional, e todas as cinco localizam-se na mesma região do país), o que talvez facilite a aplicação de políticas destinadas a qualificar a sua base científica.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Depois de ganhar escala sucessivamente nas últimas décadas, a base científica brasileira deixou de ser pouco expressiva em termos de publicação de artigos científicos indexados internacionalmente para consolidar o Brasil como um país de porte

médio nesse quesito. Os ganhos de escala ocorreram em todas as áreas, mas na década de 2000 foram substancialmente mais expressivos nas áreas de ciências da vida e biomedicina. O salto quantitativo não foi acompanhado por um progresso qualitativo na mesma magnitude. A pesquisa brasileira ainda tem, de modo geral, reduzida visibilidade internacional.

O salto quantitativo costuma ser atribuído a um conjunto de fatores institucionais complementares que se desenvolveram ao longo de décadas no Brasil. Destaquem-se o financiamento por meio de agências federais e estaduais, a intensificação da formação em nível de pós-graduação e os sistemas meritocráticos de avaliação desse nível de ensino. No entanto, a partir de 2008, os dados do Web of Science parecem apontar um esgotamento do potencial de expansão quantitativa da base científica nacional. A curva exponencial que caracterizava o crescimento da participação brasileira na produção mundial de artigos científicos parece ter encontrado inflexão naquele ano e os resultados aferidos até 2013 indicam que a participação brasileira caminha para se estabilizar perto dos 3%.

Diante desta tendência, este trabalho levantou a hipótese de que as políticas com foco na formação de uma diversificada e sólida base científica nacional tenham alcançado, depois de cinco ou seis décadas de esforços, a maturidade, ao menos em termos da quantidade de artigos publicados. Daí então apresentou uma medida de vantagem comparativa revelada, com o intuito de identificar as áreas em que a base científica brasileira encontra-se na fronteira, próxima dela ou tenha potencial para estar lá. Em seguida, apresentou um conjunto de indicadores que permitem averiguar o grau de participação do país nessas áreas e a visibilidade internacional de sua produção, bem como mapear as instituições que se colocam como líderes nacionais nessas áreas e identificar potenciais *benchmarks* globais.

Espera-se, com os indicadores apresentados ao longo deste capítulo, haver oferecido ferramentas objetivas para mapear possíveis "áreas estratégicas" em que possam ser focalizadas futuras políticas de ciência e tecnologia. A identificação de especializações relativas da base científica nacional contribui para revelar áreas em que o país tenha competências estabelecidas e potencial de liderança global. Adicionalmente, o levantamento do Ipea sobre as infraestruturas de pesquisa poderá identificar os pesquisadores e os laboratórios sediados no Brasil capazes de integrar eventuais redes de colaboração internacional fomentadas por políticas públicas e capitaneadas internamente pelas instituições ora apontadas como líderes nacionais nas áreas de conhecimento nas quais o país tem maior especialização científica.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. C. E.; GUIMARÃES, J. A. Brazil's growing production of scientific articles – how are we doing with review articles and other qualitative indicators? **Scientometrics**, v. 97, n. 2, p. 287-315, 2013.

ARCHIBUGI, D.; COCO, A. A new indicator of technological capabilities for developed and developing countries (ArCo). **World Development**, v. 32, n. 4, p. 629-654, 2004.

BARATA, R. B. *et al.* The configuration of the Brazilian scientific field. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 86, n. 1, p. 505-521, 2014.

BRITO CRUZ, C. H.; CHAIMOVICH, H. Brasil. *In*: UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. **Relatório Unesco sobre ciência 2010**. Brasil: Unesco, 2010. cap. 5. Disponível em: <http://goo.gl/uQNcNz>.

CHAVES, C. V.; PÓVOA, L. M. C. **Caracterização da rede de ciência e tecnologia no Brasil**: convênio MCT-Finep/UFMG/Ipea. Brasília: Ipea, nov. 2009. (Relatório de Pesquisa).

HELENE, A. F.; RIBEIRO, P. L. Brazilian scientific production, financial support, established investigators and doctoral graduates. **Scientometrics**, v. 89, n. 2, p. 677-686, 2011.

HIRSCH, J. E. An index to quantify an individual's scientific research output. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)**, v. 102, n. 46, p. 16569-16572, Nov. 2005.

HOLLANDERS, H.; SOETE, L. O crescente papel do conhecimento na economia global. *In*: UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. **Relatório Unesco sobre ciência 2010**. Brasil: Unesco, 2010. cap. 1. Disponível em: <http://goo.gl/4hMoIX>.

KING, C. Brazilian science on the rise. **Science Watch**, Jul.-Aug. 2009. Disponível em: <http://goo.gl/iq1YSv>.

LATTIMORE, R.; REVESZ, J. **Australian science**: performance from published papers. Canberra: Australian Government Publishing Service, 1996.

LEAHEY, E. Not by productivity alone: how visibility and specialization contribute to academic earnings. **American Sociological Review**, v. 72, n. 4, p. 533-561, Aug. 2007.

LEITE, P.; MUGNAINI, R.; LETA, J. A new indicator for international visibility: exploring Brazilian scientific community. **Scientometrics**, v. 88, n. 1, p. 311-319, 2011.

NASCIMENTO, P. A. M. M. Capacitações científicas em telecomunicações. *In*: KUBOTA, L. C. *et al.* (Orgs.). **Tecnologias da informação e da comunicação**: competição, políticas e tendências. Brasília: Ipea, 2012.

REGALADO, A. Brazilian science riding a gusher. **Science**, v. 330, n. 6009, p. 1306-1312, 2010.

ZAGO, M. A. Evolução e perfil da produção científica brasileira. *In*: SENNES, R. U.; BRITTO FILHO, A. (Eds.). **Inovações tecnológicas no Brasil**: desempenho, políticas e potencial. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2011.

Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

EDITORIAL

Coordenação
Cláudio Passos de Oliveira

Supervisão
Everson da Silva Moura
Reginaldo da Silva Domingos

Revisão
Ângela Pereira da Silva de Oliveira
Clícia Silveira Rodrigues
Idalina Barbara de Castro
Leonardo Moreira Vallejo
Marcelo Araujo de Sales Aguiar
Marco Aurélio Dias Pires
Olavo Mesquita de Carvalho
Regina Marta de Aguiar
Erika Adami Santos Peixoto (estagiária)
Laryssa Vitória Santana (estagiária)
Paulo Ubiratan Araujo Sobrinho (estagiário)
Pedro Henrique Ximendes Aragão (estagiário)
Thayles Moura dos Santos (estagiária)

Editoração
Bernar José Vieira
Cristiano Ferreira de Araújo
Daniella Silva Nogueira
Danilo Leite de Macedo Tavares
Jeovah Herculano Szervinsk Junior
Leonardo Hideki Higa
Raul Vinicius Fernandes Gonçalves (estagiário)

Capa
Leonardo Hideki Higa

The manuscripts in languages other than Portuguese published herein have not been proofread.

Livraria Ipea
SBS – Quadra 1 – Bloco J – Ed. BNDES, Térreo
70076-900 – Brasília – DF
Tel.: (61) 2026-5336
Correio eletrônico: livraria@ipea.gov.br

Composto em adobe garamond pro 11/13,2 (texto)
Frutiger 67 bold condensed (títulos, gráficos e tabelas)
Brasília-DF

Missão do Ipea

Aprimorar as políticas públicas essenciais ao desenvolvimento brasileiro por meio da produção e disseminação de conhecimentos e da assessoria ao Estado nas suas decisões estratégicas.

ISBN 978-85-7811-268-4



Finep
INOVAÇÃO E PESQUISA
CNPq
ipea
Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
Ministério do Planejamento