

INFRAESTRUTURA DE PESQUISA EM ENERGIAS RENOVÁVEIS NO BRASIL¹

Gesmar Rosa dos Santos^{2,3}

1 INTRODUÇÃO

Este artigo apresenta parte dos resultados de levantamento sobre a infraestrutura de pesquisa instalada no Brasil que desenvolve estudos na área de energias renováveis. O objetivo do trabalho é caracterizar as infraestruturas (ou instalações laboratoriais) e destacar aspectos das interações entre os pesquisadores, as instituições parceiras e o setor produtivo. Parte-se do pressuposto de que a infraestrutura laboratorial é fortemente relevante para o desenvolvimento de pesquisas e inovação em energias renováveis, podendo se constituir, quando não adequada, em fator limitante de avanços tecnológicos nesta área.

O trabalho integra pesquisa mais ampla, desenvolvida a partir de parceria entre o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e o Ipea, na forma apresentada em Squeff e De Negri (2014). Os indicadores utilizados são provenientes das respostas dadas a uma enquete estruturada por equipes do CNPq e do Ipea, aplicada em 2013 junto a coordenadores de infraestruturas de pesquisa. De 1.760 questionários completos respondidos, cem são de infraestruturas de pesquisas atuantes em energias renováveis, estudadas neste artigo.

As questões que orientam o projeto, assim como este artigo, foram inicialmente apresentadas em De Negri e Cavalcante (2013), quando se apurou a relevância de levantamentos sobre as infraestruturas de pesquisa no Brasil em aspectos como: localização das principais infraestruturas, porte, capacidades e competências; formas de interação entre as instituições de pesquisa e o setor produtivo; recursos humanos; financiamento à P&D; e adequação de laboratórios. Tais questões seguem iniciativas anteriores do MCTI de diagnóstico de infraestruturas de pesquisa, como a avaliação dos centros vocacionais tecnológicos (CGEE, 2010a) e o levantamento do quadro de atores no sistema nacional de ciência, tecnologia e inovação (CGEE, 2010b).

Iniciativas semelhantes (com alguns estágios à frente do Brasil) estão em andamento em países como Austrália e Alemanha, os quais desenvolvem, atualmente, prospecção no sentido de conceber o tipo de infraestrutura de pesquisa que se demandará, com o propósito de fornecer respostas de P&D em temas estratégicos (DIISR, 2011; EFI, 2013). Com tal medida, estes países esperam desenhar políticas de direcionamento e indução à P&D nos aspectos mais relevantes de economia e de necessidades da sociedade, sendo energias renováveis um dos temas eleitos.

Este artigo é composto por quatro seções, além desta introdução. Na seção 2 são apresentados os procedimentos metodológicos; na seção 3 são discutidas as características dos sistemas de inovação e energias renováveis (Sier), a partir da noção de sistemas nacionais de inovação (SNI); na seção 4 são apresentados os resultados da pesquisa CNPq/Ipea; e, por fim, na seção 5 são feitas considerações gerais e algumas sugestões para o debate das políticas públicas na área.

1. Este trabalho integra o projeto de pesquisa da Diretoria de Estudos Setoriais (Diset) do Ipea, em parceria com o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) sobre o sistema nacional de inovação e sua infraestrutura de pesquisa no Brasil.

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

3. O autor agradece os comentários e as sugestões feitas por José Mauro de Moraes – coordenador e técnico de Planejamento e Pesquisa da Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais, de Inovação, Regulação e Infraestrutura (Diset). Erros e omissões são de responsabilidade do autor.

2 INFRAESTRUTURAS DE PESQUISA NO CONTEXTO DA INOVAÇÃO EM ENERGIAS RENOVÁVEIS

É amplamente conhecido o grande potencial do Brasil para a produção de energia renovável (ER), com destaque para o seu potencial hídrico, a sua capacidade de produção de biomassa para biocombustíveis, além das oportunidades de geração de energia elétrica pelo uso das fontes eólica e solar. A produção, nas duas primeiras modalidades, data do início do século XX, sendo a pesquisa inicialmente ligada às universidades e, posteriormente, também a instituições públicas e privadas (Brasil, 2006). O incremento da pesquisa científica na área, no Brasil e em outros países, ocorre em meio à difusão das preocupações ambientais e a apelos de segurança energética, a partir da década de 1960 (Geller, 2003; Brasil, 2006).⁴

Nas últimas três décadas, a P&D na área de energias ganhou grande impulso na perspectiva de redução dos custos de geração das renováveis, que ainda são maiores do que os custos das fontes de origem fóssil, de acordo com Brasil (2007), Ipea (2010) e IEA (2006 e 2013). Países como Estados Unidos e Alemanha adotam subsídios à geração de energias renováveis (Unep e Blomberg, 2013; EFI, 2013) e grande orçamento para a P&D como formas de alavancar o desenvolvimento de novas tecnologias. No Brasil, tanto a alavancagem da produção de energias a partir de fontes renováveis quanto o apoio à P&D nesta área alternam momentos de estímulos e de desestímulos, segundo Santos (2013 e 2014). A geração de energia, assim como a produção de bens e serviços tecnológicos a elas relacionados têm como pontos fortes, em nosso país, a abundância de recursos naturais e o grande porte do mercado interno de energia.

Nesse contexto, caracterizar infraestruturas de pesquisa é adentrar no que ainda se configura, no Brasil, como um Sier: parte integrante do que a literatura denomina sistema nacional de inovação (Lundvall, 2005; Niosi *et al.*, 2003). Segundo Lundvall (2005), a caracterização de um SNI deve incluir 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 e financiamento à P&D) 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, a exemplo do financiamento e da infraestrutura.

Niosi *et al.* (1993) destacam três componentes principais de um SNI: 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*) os fluxos financeiros de fundos públicos e privados para a inovação; *ii*) o marco legal e as políticas, como a de propriedade intelectual; *iii*) os fluxos tecnológicos, científicos e informacionais; *iv*) os fluxos sociais, com inovação organizacional fluindo de uma firma a outra, e os fluxos pessoais, de universidades para indústrias e de firma para firma.

Estudo realizado por Santos (2014) aponta que o Brasil já conta com marco legal que se consolida a partir do final da década de 1990, com fluxos financeiros, principalmente públicos, para a P&D, embora ainda insuficientes. Este estudo afirma, ainda, que os demais fluxos são os próximos desafios a serem enfrentados na promoção da inovação em energias renováveis. Além disso, 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 iniciados no país, porém com muitos entraves.

As experiências de desenvolvimento tecnológico com biomassa energética e com a hidroeletricidade, que são os maiores destaques em energias renováveis no país, tornam natural que tanto as infraestruturas de pesquisa quanto os estudos em ER estejam mais sólidos nestas duas modalidades de energia. Entretanto, ao analisar o perfil do financiamento público em energias renováveis no Brasil, Santos (2014) observou que o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), principal instrumento de financiamento público da P&D no país, concentra recursos em infraestrutura de laboratórios, não em projetos de P&D diretamente.

4. A P&D cresce, naturalmente, com o crescimento do mercado. Ao refletir a trajetória de expansão das energias renováveis, o Plano Decenal de Energia (PDE) 2022 (Brasil, 2013) aponta que, dos mais de R\$ 1,1 trilhão de investimentos previstos para todo o setor energético até 2021, 19% são para a geração de energia elétrica (incluindo hidrelétricas, térmicas e biomassa, eólica e solar), e mais 7% para biocombustíveis. Portanto, o mercado interno possibilita, e até exige (Santos, 2014), aportes de vulto para a pesquisa nas ER, como fazem os países líderes em P&D.

Entre as infraestruturas apoiadas, segundo Santos (2014), encontram-se tanto as que atuam em temas emergentes (hidrogênio, ondas das marés e biocombustíveis de segunda geração), quanto outras que atuam em temas “antigos”, como biomassa energética (etanol e biodiesel de primeira geração e biogás) e hidroeletricidade. Este cenário permite inferir que o sistema de inovação em energias renováveis no Brasil encontra-se, ainda, em consolidação, embora conte com instituições importantes, sólidas em P&D em energias, além de *expertises* nos setores público e privado.

Dessa forma, as potencialidades e as dificuldades das infraestruturas laboratoriais são importantes temas de estudos e levantamentos, de modo a contribuir para avaliações e redesenho de medidas de apoio à inovação.

3 DEFINIÇÕES E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste trabalho se considera como infraestrutura de P&D na área de energias renováveis os laboratórios e outras instalações físicas que se propõem a realizar pesquisa científica e desenvolvimento de tecnologias para dar respostas a desafios tecnológicos destas energias e seus insumos. Incluem-se nesta definição as infraestruturas de pesquisa voltadas para a proposição de novos arranjos produtivos que viabilizem, ou incrementem, a geração, a distribuição, a conservação e o uso das energias renováveis (ER), bem como as que se dedicam a estudos de redução de impactos ou à produção de conhecimento e bens voltados para a eficiência no uso da energia.

Fazem parte da seleção de infraestruturas em ER: *i*) as dedicadas – aquelas com foco central e capacidades voltadas especificamente para energias renováveis – ex.: Centro Brasileiro de Tecnologia do Etanol (CTBE); e *ii*) as 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 – ex.: laboratórios de química e biocombustíveis, de mecânica e energia, de estudos de enzimas ou laboratórios de institutos multitemáticos, como o Instituto Nacional de Tecnologia (INT).

As diversas fontes de energia foram agrupadas em: *i*) derivadas da biomassa – etanol, biodiesel, gás de biodigestores, biomassa para queima (geração de calor e eletricidade); *ii*) hidroeletricidade; *iii*) solar (fotovoltaica e térmica); *iv*) eólica; *v*) propagação das marés; e *vi*) hidrogênio.⁵ Estes agrupamentos possibilitaram fazer a identificação das características das infraestruturas em cada tipo de energia, bem como foram úteis no momento da seleção destas infraestruturas entre todas que responderam à enquete realizada. Contudo, na abordagem dos resultados neste estudo, sempre que possível optou-se por agrupar todas as formas.

O trabalho foi iniciado com levantamento e seleção de instituições-chave em energias renováveis no país, suas linhas de pesquisa, desafios e temas principais e prioritários, conforme detalhado em Santos (2014). Para isso, seguiu-se a definição dos seis tipos de energia mencionados, fazendo-se consultas de temas 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, em programas de pós-graduação das universidades e em outras instituições de pesquisa. Tal procedimento possibilitou um referencial de quais temas, linhas de pesquisa e desafios estão na pauta da área de energia. Foram selecionadas e convidadas a participar da enquete, efetivada pelo CNPq, tanto grandes quanto pequenas e médias infraestruturas de P&D⁶ com alguma atuação em energias renováveis.

O preenchimento do formulário de pesquisa junto aos coordenadores ocorreu via internet, efetivado pelo CNPq e com suporte do Ipea (Squeff; De Negri, 2014). O conjunto das 1.760 infraestruturas que responderam pode ser considerado uma interessante amostra. Particularmente quanto à área de energias renováveis, houve a adesão de diversas infraestruturas entre aquelas previamente convidadas a participar. Registra-se, entretanto, no caso de ER, a ausência de institutos importantes, o que foi, em parte, compensado pela adesão de outras instituições, permitindo algumas inferências e a identificação de características e capacidade instalada no país.

5. Infraestruturas que fazem P&D com hidrogênio foram solicitadas a responder a enquete por terem ligação direta com as ER, muitas vezes sendo parte de um mesmo departamento ou divisão de pesquisa com compartilhamento de infraestruturas. 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 a que tipo de fonte.

6. Foram relacionadas instituições e suas infraestruturas, na fase anterior à enquete, pelo porte e *expertises* reconhecidos, como também pela distribuição regional, pelo vínculo a redes de pesquisas, por terem projetos junto ao CNPq e Finep, entre outros critérios. Todas elas, que somaram 139 infraestruturas, foram solicitadas a participar da enquete. Buscou-se, na participação de diversas infraestruturas laboratoriais, a compreensão das distintas características.

As infraestruturas laboratoriais que responderam à enquete foram classificadas em cinco subgrupos, tomando-se como referencial o porte da infraestrutura, pelo valor monetário a elas atribuído, da seguinte forma: pequena (P) – infraestrutura de até R\$ 1 milhão; pequena a média (PM) – entre R\$ 1 milhão e R\$ 5 milhões; média a grande (MG) – entre R\$ 5 milhões e R\$ 30 milhões; e grande (G) – acima de R\$ 30 milhões. Cabe a ressalva de que as comparações de porte e distribuição regional têm a finalidade apenas de expor a diversidade das infraestruturas que atuam na área de ER, como reflexo da heterogeneidade e da natureza multidisciplinar desta área. Assim, os dados indicam apenas as características próprias da amostra/seleção, neste aspecto de porte e presença regional, não sendo, necessariamente, o retrato do perfil do todo das infraestruturas.

4 RESULTADOS

Entre as cem infraestruturas respondentes à enquete, identificadas como atuantes em energias renováveis, 98 delas são laboratórios e duas são plantas-piloto.⁷ Estas infraestruturas fazem parte de 38 instituições que responderam à enquete elaborada pelo CNPq para esta etapa da pesquisa, sendo 31 destas instituições pertencentes ao grupo de referência em ER no país que foram listadas na etapa anterior à aplicação da enquete, embora com algumas infraestruturas distintas daquelas previamente listadas.

Considera-se que a amostra atende aos objetivos iniciais da pesquisa,⁸ principalmente no que se refere aos seguintes aspectos: expressa o porte e a área de atuação diferenciados dos laboratórios; permite a obtenção do perfil do quadro de profissionais dedicados à P&D; expõe o nível de acesso a instituições de apoio como o CNPq, Finep e empresas; evidencia presença regional das ER em laboratórios de diversos portes; evidencia a percepção dos pesquisadores quanto ao seu posicionamento junto a outros laboratórios; possibilita a difusão de capacidades e das infraestruturas; e também evidencia o perfil da interação com empresas e outros agentes da P&D.

4.1 Características gerais das infraestruturas de pesquisa em energias renováveis

Um conjunto de informações e dados resumem as características gerais das infraestruturas (tabela 1) e permite iniciar a análise dos resultados do levantamento. A distribuição das infraestruturas respondentes por região, bem como o número de instituições e a sua participação no grupo, apresentam-se de forma heterogênea na amostra. Esta segue a concentração que se observa de forma geral nas regiões Sul e Sudeste, em outros indicadores ou atividades econômicas, como as de capacidade dos sistemas educacionais, de número e porte das instituições de pesquisa, de maior parcela do PIB e da própria geração de energias, inclusive renováveis.

TABELA 1

Perfil das instituições de pesquisa e suas infraestruturas na amostra (Brasil e regiões)

Região	Infraestruturas	Instituições		Pesquisadores por infraestrutura			Porte das infraestruturas			
		Número	(%)	Número	(%)	Média	P	P-M	M-G	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: pesquisa CNPq/Ipea.
Elaboração do autor.

7. Nas passagens deste texto em que se utiliza o termo “laboratórios”, estão incluídas as duas plantas-piloto. Por vezes, a expressão “infraestruturas” é substituída simplesmente por “laboratórios”.

8. Entre as respondentes encontram-se infraestruturas já consolidadas na realização de pesquisas na área de energias – a exemplo de departamentos e institutos da USP, UFRJ, UFMG, Unicamp, IPT, INT, UFSC, entre outros. Há, também, laboratórios em fase de consolidação de pesquisas em ER (CTBE, Embrapa Agroenergia, UnB, UFG, UFBA) ou mesmo iniciantes (UFGD, UFFS).

De acordo com a tabela 1, no conjunto dos cem laboratórios que atuam em ER, são predominantes as infraestruturas de pequeno (P) e pequeno-médio (PM) porte que, somadas, equivalem a 86%. O número de pesquisadores é muito baixo (cinco por infraestrutura, em média), como também ocorre nas infraestruturas das demais áreas contempladas pela pesquisa. Além deste fato, há de se considerar que o regime de dedicação à pesquisa é, predominantemente, não exclusivo em quase todos os laboratórios de universidades.

Além dos dados da tabela 1, cabe lembrar que são raros os laboratórios dedicados somente às ER, conforme esperado. Além disso, há apenas quatorze entre os cem respondentes com porte estimado acima de R\$ 5 milhões. Destes, três encontram-se entre R\$ 20 milhões e R\$ 30 milhões, um acima de R\$ 20 milhões e abaixo de R\$ 30 milhões e um acima de R\$ 100 milhões. Os outros 86 laboratórios, entre os cem de ER, foram estimados em valores inferiores a R\$ 5 milhões, em 2013, em parte refletindo a forma de responder ao questionário,⁹ mas também refletindo, de fato, o pequeno porte, de acordo com o levantamento feito anteriormente, nos passos descritos na metodologia.

A partir de perguntas acerca do ano de criação e da modernização das infraestruturas, 64% dos respondentes informaram que iniciaram as atividades após o ano 2000, sendo que 31% dos cem funcionam a partir de 2010, ante 19,5% no total da amostra de 1.760. Em 88% dos laboratórios que atuam na área de energias renováveis houve investimentos significativos nos últimos cinco anos.

As áreas de atuação dentro de energias renováveis de cada infraestrutura, por tipo de fonte em que têm capacidades, assim como a distribuição por regiões, são apresentadas na tabela 2. Cabe lembrar que uma infraestrutura pode realizar pesquisa em mais de uma fonte, sendo predominantes aquelas das áreas de biomassa e hidroeletricidade.

TABELA 2

Distribuição das capacidades das infraestruturas participantes da enquete segundo região e tipo de fonte

Tipo de fonte	Infraestruturas na amostra					Total
	Centro-Oeste	Nordeste	Norte	Sudeste	Sul	
Hidroeletricidade	3	8	1	20	9	41
Biomassa	11	9	1	17	16	54
Hidrogênio	.	.	.	10	2	12
Eólica/solar/marés	3	.	3	13	4	23
Renováveis de forma geral	5	.	6	11	4	26

Fonte: pesquisa CNPq/Ipea.
Elaboração do autor.

Quanto ao número de pesquisadores com a titulação de doutor, foi informado que 81,5% têm este título, ante 72,5% no total das 1.760 infraestruturas. Outros 14,9% possuem o título de mestre, o que sugere não ser este um fator de grande preocupação na área.

As áreas de atuação dos pesquisadores (tabela 3) são, predominantemente, engenharias e ciências exatas e da terra. Esta característica é convergente com o todo do perfil observado, refletindo o que se poderia esperar da P&D em energias no Brasil, em função de grande parcela da matriz energética do país ter origem em biomassa e em hidroeletricidade.

9. A concentração do número de pesquisadores no Sul e Sudeste (74% do total de 537 informados), bem como o seu porte, estão relacionados a dois aspectos, além daqueles listados anteriormente: *i*) refletem a concentração dos recursos destinados à P&D para estas regiões, a exemplo do principal instrumento de apoio nesta área, o FNDCT (Santos, 2014); e *ii*) refletem as distintas formas de responder à enquete, tendo algumas instituições optado por agrupar várias unidades laboratoriais em uma, enquanto outras optaram pelo desmembramento.

TABELA 3

Pesquisadores que atuam com ER por grande área do conhecimento

Grande área	Pesquisadores ¹		
	Total	Doutores	Mestres
Ciências exatas e da terra	343	300	33
Ciências biológicas	199	193	2
Engenharias	678	573	82
Ciências da saúde	42	40	2
Ciências agrárias	122	119	3
Multidisciplinares	20	20	-
Todas as áreas	1.404	1.245	122

Fonte: pesquisa CNPq/Ipea.

Elaboração do autor.

Nota: ¹ Nessa questão a pergunta foi: "Indique o número de estudantes de pós-graduação ou de graduação envolvidos com as principais atividades/pesquisas desenvolvidas pelo laboratório/infraestrutura no último ano".

No que se refere às parcerias e aos estudos realizados, a enquete identificou o vínculo do pesquisador-usuário, seja do Brasil ou do exterior, com as infraestruturas (tabela 4). 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.

TABELA 4

Usuários das infraestruturas por tipo de vínculo

Vínculo do pesquisador-usuário	Usuários do Brasil	Usuários do exterior	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.

Elaboração do autor.

Quanto aos recursos humanos, a preocupação das instituições com a quantidade e a qualificação profissional foi abordada na enquete, sendo os dados das respostas resumidos na tabela 5. Apenas 970 pessoas tiveram algum tipo de vínculo trabalhista nas cem infraestruturas, sendo que destas, 537 (55%) são pesquisadores, dos quais 348 (64,8%) são servidores públicos, percentuais muito próximos do que se observa na amostra total de 1.760 respondentes.

TABELA 5

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 ¹	537	100,00

Fonte: pesquisa CNPq/Ipea.

Elaboração do autor.

Nota: ¹ O total de pesquisadores, quando somados àqueles vinculados a outras áreas, mas que atuam em ER, chega a 794, situação em que, além das cem instituições da amostra, há outras 28 associadas.

Foi também indagado sobre o tempo médio de dedicação à pesquisa (tabela 6), sendo que as maiores frequências são de até dez horas (26%) e trinta horas semanais (57%), ante 28,7% e 56,7%, respectivamente, no caso das 1.760 infraestruturas. Aliada ao pequeno porte, à média de apenas cinco pesquisadores por laboratório e de apenas 3,5 pesquisadores do quadro de servidores, tem-se um alerta para os limites da capacidade de realização de P&D de ponta nestas infraestruturas.

TABELA 6

Tempo de dedicação dos pesquisadores à P&D

Faixas de tempo	Total	(%)
Até dez horas semanais	140	26,07
Entre dez e vinte horas semanais	48	8,94
Entre vinte e trinta horas semanais	41	7,64
Mais de trinta horas semanais	308	57,36
Todas	537	100,00

Fonte: pesquisa CNPq/lpea.
Elaboração do autor.

4.2 Financiamento da pesquisa

Os dados de financiamento à pesquisa (tabela 7) apontam que o setor público é o principal responsável pelos recursos, conforme esperado, devido a maioria dos respondentes serem ligados a instituições 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 de ser uma das maiores empresas na produção e pesquisa em biocombustíveis nos planos local e global, segundo seu Plano de Negócios 2013-2017 e o Plano Estratégico 2030.

TABELA 7

Fontes de recursos e acesso das infraestruturas no ano de 2012

(Em número absoluto, R\$ e %, respectivamente)

Entidade financiadora	Infraestruturas por fonte acessada	Renda	Contribuição
Capes	28	3.487.840	1,70
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
Petrobrás	20	44.619.199	21,77
Prestação de serviços	13	4.681.610	2,28
Própria instituição	32	42.039.991	20,51
Total	-	204.929.975	100,00

Fonte: pesquisa CNPq/lpea.
Elaboração do autor.

Os dados da tabela 7 mostram que, do total aproximado de R\$ 205 milhões/ano informados como “Renda” no ano de 2012, resulta uma média de R\$ 2,05 milhões por infraestrutura no ano (com os cuidados que sempre se ressalta com relação às médias). Com este perfil diminuto é difícil conceber uma mudança de patamar em P&D mesmo que todos os recursos sejam aplicados efetivamente em pesquisas propriamente ditas. Nota-se 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.

4.3 Acreditação, prestação de serviços e cooperação com as infraestruturas

Apenas cinco das cem infraestruturas (lembrando que 98 são laboratórios) têm algum tipo de acreditação, sendo a modalidade ensaios a mais acreditada nestes cinco laboratórios, ocorrendo em quatro delas. Entre as atividades exercidas em 2012 pelos cinco laboratórios acreditados se destacam ensaios químicos, biológicos e mecânicos, certificação e boas práticas laboratoriais. Não há elementos suficientes na amostra, neste caso de acreditação, para que se possa fazer a análise detalhada, sendo necessário um levantamento específico que considere, também, outras dificuldades na acreditação, as reais necessidades de se ter acreditação para as instituições de pesquisa, bem como as formas de mantê-la, dados os seus custos.

Com relação à interação dos pesquisadores com usuários externos envolvendo a prestação de serviços técnico-científicos por parte das infraestruturas, foram obtidas informações qualitativas destas (tabela 8) acerca de quais atividades realizaram em 2012 e para quem. Segundo os respondentes, as empresas foram as principais demandantes da prestação de serviços, com destaque para as atividades de ensaios e testes (37 infraestruturas atendendo empresas); de consultoria (34 infraestruturas atendendo empresas); de desenvolvimento e aperfeiçoamento de processos (trinta infraestruturas atendendo empresas); e de desenvolvimento e aperfeiçoamento de produtos (25 infraestruturas atendendo empresas). Estes são, também, os tipos de serviços mais demandados para o conjunto dos demandantes, juntamente com a análise de propriedades físico-químicas e de materiais.

TABELA 8

Tipo de serviços prestados em 2012 e quantidade de infraestruturas prestadoras por tipo de demandantes

Item	Tipo de serviço técnico-científico	Infraestruturas prestadoras por tipo de demandante				Total
		Governo	Pesquisadores	Empresas	Outros	
1	Consultoria e assessoria técnico-científicas	14	14	34	3	65
2	Ensaio 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
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, micro-organismos etc.	1	4	0	0	5
18	Manutenção de equipamentos científicos	0	2	0	0	2

Fonte: pesquisa CNPq/Ipea.
Elaboração do autor.

Ainda de acordo com a tabela 8, a interação com potencial de gerar novos produtos (soma das infraestruturas habilitadas nos itens 2, 3, 4, 5, 9 e 10, que foram demandados por empresas e pesquisadores), resultou em 258 interações em trabalhos técnico-científicos (50% do total das interações). Cabe notar que uma interação (definida aqui como cada resposta “sim” de quem prestou serviços) pode ter como resultado diversos trabalhos, sendo 258 o número mínimo de interações com empresas. Além destes dados, foi relatado que 67% das infraestruturas prestaram algum tipo de serviço, em 2012, ao todo, e que 58% o fizeram para empresas.

Quanto à intensidade do uso das infraestruturas, foi respondido que 86% desenvolveram atividades de pesquisa de forma contínua, seguida de desenvolvimento de tecnologia (56%) e atividades de ensino (41%). Quanto às atividades de prestação de serviços (38%) e extensão (33%), estas são as mais esporádicas nas infraestruturas.

A pergunta sobre as atividades de cooperação entre as infraestruturas e as agências de fomento (tabela 9) 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, das 86, com grau “alto”), seguida da cooperação com *instituições* brasileiras (cinquenta respostas, das 87, com grau “alto”) e com *empresas* brasileiras (43 respostas, das 79, com grau “alto”). A cooperação com instituições estrangeiras obteve grau “alto” em apenas 29 das 69 cooperações efetivadas.

TABELA 9

Atividades de cooperação e grau de importância atribuído pelos pesquisadores

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.
Elaboração do autor.

As respostas apresentadas na tabela 9 talvez sejam melhor interpretadas à luz da condição real das infraestruturas, que tipicamente são pequenas, voltadas mais para C&T do que para P&D e, muito provavelmente, com necessidade de recursos.

4.4 Percepção dos coordenadores sobre a situação atual dos laboratórios

Foi solicitado aos coordenadores das infraestruturas que avaliassem as condições dos equipamentos e da formação/qualificação da equipe de trabalho. No primeiro recorte (tabela 10), destaca-se a avaliação de que a condição dos insumos é positiva em 85% (soma de “muito bom” e “bom”), seguida de manutenção (76%) e de equipamentos (56%). Por outro lado, o item “condições físicas” obteve menos de 50% de avaliação positiva.

TABELA 10

Opinião dos coordenadores sobre as condições físicas dos cem laboratórios respondentes (Em número de respostas)

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
Total	100	91	97	83

Fonte: pesquisa CNPq/Ipea.
Elaboração do autor.

Quanto à percepção acerca dos recursos humanos (tabela 11), o item “formação dos pesquisadores” foi considerado adequado em 51,25% das respostas, abaixo do percentual atribuído à “qualificação de profissionais” (72,5%).¹⁰ Quanto ao número de servidores de apoio, este foi considerado adequado por 70% dos respondentes, ao passo que apenas 18,75% responderam que o número de pesquisadores é adequado.

TABELA 11

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
Profissionais de apoio técnico	70,0	20	0,0	10,0
Qualificação de profissionais	72,5	5,0	0,0	22,5
Pesquisadores	18,75	38,75	40,0	2,5

Fonte: pesquisa CNPq/Ipea.
Elaboração do autor.

No tocante à avaliação dos coordenadores sobre as instalações físicas e as capacidades atuais das infraestruturas (tabela 12), parece coerente o predomínio da opção “adequada” em relação aos padrões brasileiros (para 35% das respostas), e “avançada” em relação aos padrões brasileiros, mas distante dos padrões de ponta do exterior (para 32% das respostas).

TABELA 12Percepção dos coordenadores sobre a capacidade técnica dos laboratórios¹

Avaliação da capacidade técnica	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
Insuficiente em relação à observada em outras infraestruturas do gênero no Brasil	13
Não sabe	1

Fonte: MCTI/Ipea.
Elaboração do autor.

Nota: ¹ Este quadro foi elaborado a partir das respostas à seguinte pergunta: “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 CNPq/Ipea, item 17).

Merece destaque o fato de dezenove infraestruturas terem sido classificadas no mesmo patamar entre as do mesmo gênero no exterior, o que indica relevante potencial de P&D. Buscando outros dados sobre as mesmas infraestruturas (laboratórios), ressaltam-se os seguintes aspectos: entre elas há distintos portes, de acordo com a classificação adotada – com onze, das dezenove infraestruturas, na faixa de R\$ 2 milhões, sendo oito delas pequenas pelo critério adotado (abaixo de R\$ 1 milhão); há antigas e novas, mas todas foram modernizadas recentemente; há nelas 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 infraestruturas e 68% para empresas, ante 58% nas cem infraestruturas). Ainda assim, o número de pesquisadores foi considerado baixo por 68% dos respondentes e a formação destes pesquisadores foi avaliada como “inadequada” ou “pouco adequada”, quando somadas, para 32% dos que responderam à enquete nas dezenove instituições destacadas.

10. No item “qualificação de profissionais” pode ter havido algum problema metodológico ou na interpretação e forma de responder, uma vez que o percentual de 22,5% atribuído a “não se aplica” parece ser demasiadamente alto.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A primeira observação que este trabalho permite destacar, no contexto da amostra analisada e dos demais levantamentos acerca das infraestruturas de pesquisa que compõem o sistema de inovação tecnológica na área de energias renováveis no Brasil, é o seu porte pequeno. Das cem infraestruturas da amostra, 55 foram consideradas de porte pequeno, 31 de porte pequeno-médio, treze de porte médio-grande e apenas um de grande porte. Chama a atenção, também, o fato de haver uma média de apenas cinco pesquisadores por infraestrutura, entre as cem identificadas como atuantes na área de energias renováveis.

As respostas mostraram que grande parte dos laboratórios tem o predomínio das características de unidades de pesquisa e ensino, seguido de desenvolvimento de bens e serviços, embora nos últimos quinze anos tenha havido modernização, com alterações de porte e de maior capacitação das infraestruturas. Este perfil se deve, também, ao fato das infraestruturas, em sua maioria, serem unidades dentro de departamentos das universidades, e não infraestruturas dedicadas especificamente às energias renováveis.

A grande maioria das infraestruturas (71%) atua nos campos científicos ciências da terra (21% dos laboratórios) e engenharias (50%), o que está de acordo com o que se espera da P&D em energias renováveis. Como o número de infraestruturas dedicadas apenas às energias renováveis (área relativamente nova na P&D) é baixo, grande parte das respondentes são multitemáticas.

O registro de apenas cinco instituições acreditadas sugere a necessidade de se averiguar com maior profundidade esse assunto, inclusive as dificuldades de acreditação, bem como a existência de outras instituições e capacidades acreditadas.

O perfil predominante de pequeno-médio porte, somado ao baixo índice de acreditação, pode explicar parte das dificuldades de interação em P&D e inovação com as empresas. Neste aspecto, será importante, na continuidade deste estudo, conhecer em maior profundidade a visão dos pesquisadores sobre a interação com as empresas, seus pontos positivos e negativos. Um sinalizador desta visão aparece na importância dada pelos respondentes à cooperação em P&D em que, na atribuição de importância dada às interações com fundos e outras instituições, predominaram as opções “alto” e “médio” graus de importância, sendo consideradas mais relevantes as colaborações com agências de cooperação e instituições nacionais do que com estrangeiras ou com empresas. Pode estar havendo um choque de visões (entre o papel das instituições e os interesses das empresas) ou outras dificuldades na interação, aspectos que necessitam de maior investigação.

Estudos em sequência poderão discutir, também, outros aspectos de apoio à P&D no país em áreas estratégicas, como o setor de energia. As formas de estímulo e de direcionamento ao avanço da P&D e da geração de energia na área das renováveis é um dos aspectos a se aprofundar; uma delas é ter como referência os modelos adotados por outros países, ancorados em infraestruturas de maior porte e com maior interação entre empresas e universidades, a exemplo dos Estados Unidos e da Alemanha. Nesta hipótese, faz-se necessário responder questões como: quais alternativas permitem aumentar os recursos para infraestruturas de pesquisa, sem que haja concorrência com os recursos destinados aos projetos de pesquisa propriamente ditos? Qual formato de gestão e operação de grandes infraestruturas seria indicado para autarquias e para parcerias com universidades? Quais medidas são necessárias para conciliar e tornar atrativas as atividades de ensino e de pesquisa a partir dos desafios em áreas estratégicas para o país?

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Plano Nacional de Agroenergia 2006-2011**. 2 ed. rev., 110 p. Brasília: MAPA – Secretaria de Produção e Agroenergia/Embrapa Informação Tecnológica, 2006. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 10.06.2014.

_____. **Plano Decenal de Energia 2022**. Brasília: MME/EPE, 2013. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/Estudos/Documents/PDE2022.pdf>>. Acesso em: 18.06.2014.

_____. **Plano Nacional de Energia 2030 (PNE)**. Brasília: MME/EPE, 2007. Acesso em: 10.06.2014.

CGEE. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Avaliação do programa de apoio à implantação e modernização de centros vocacionais tecnológicos (CVT). **Série Documentos Técnicos n. 1**. Brasília: CGEE, 2010a.

_____. Quadro de atores selecionados no sistema nacional de ciência, tecnologia e inovação. **Série Documentos Técnicos n. 5**. Brasília: CGEE, 2010b.

DIISR. Department of Innovation, Industry, Science and Research. 2011 Strategic Roadmap for Australian Research Infrastructure. **2011 Roadmap**. Disponível em: <<http://www.innovation.gov.au/science/Documents>>. Acesso em: 12.03.2014.

EFI. Commission of Experts for Research and Innovation. Research, innovation and technological performance in Germany. EFI Report 2013, ed. 2013. Berlin: EFI, 2013. Disponível em: <<http://www.e-fi.de/gutachten.html?&L=1>>. Acesso em: 26.06.2014.

GELLER, H. S. **Revolução energética**: políticas para um futuro sustentável. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2003.

IEA. International Energy Agency. **World Energy Outlook 2012**. Paris: IEA, 2013. Disponível em: <www.iea.org>. Acesso em: 12.03.2014.

_____. **Renewable energy**: RD & D priorities insights from IEA technology programmes. IEA/OECD, 2006. Disponível em: <<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/renewenergy.pdf>>. Acesso em: 12.03.2014.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Biocombustíveis no Brasil: etanol e biodiesel. *In: Infraestrutura econômica no Brasil: diagnósticos e perspectivas para 2025*, p. 193-247. Brasília: Ipea, 2010.

LUNDEVALL, Bengt-Akel. **National innovation systems**: analytical concept and development tool. Copenhagen, 27-29 jun. 2005.

NIOSI, J.; SAVIOTTI, P.; BELLON, B.; CROW, M. National systems of innovation: In search of a workable concept. **Technology in Society**, v. 15, p. 207-227. Printed in the USA: Pergamon Press Ltd. 1993.

SANTOS, G. R. Energias renováveis no Brasil: desafios de pesquisa e caracterização do financiamento público [No prelo]. **Texto para Discussão**. Brasília: Ipea, 2014.

_____. Pesquisa em biomassa energética no Brasil: apontamentos para políticas públicas. **Boletim Radar n. 26**, jun. 2013, p. 25-36. Brasília: Ipea, 2013.

SQUEFF, F. H. S.; DE NEGRI, F. Infraestrutura científica e tecnológica no Brasil: análises preliminares. **Nota Técnica n. 21**, jun. 2014. Brasília: Ipea, 2014.

UNEP; BLOOMBERG. United Nations Environment and Bloomberg New Energy Finance. **Global trends in renewable energy investment 2013**. UNEP/Bloomberg – Frankfurt School: Unep Collaborating Centre for Climate and Sustainable Energy Finance, 2013. Disponível em: <<http://www.fs-unep-centre.org>>. Acesso em: 23.07.2014.