

TEXTO PARA DISCUSSÃO Nº 1375

BIOTECNOLOGIA: PERFIL DOS GRUPOS DE PESQUISA NO BRASIL

**Marco Aurélio Alves de Mendonça
Rogério Edivaldo Freitas**

Rio de Janeiro, fevereiro de 2009

TEXTO PARA DISCUSSÃO Nº 1375

BIOTECNOLOGIA: PERFIL DOS GRUPOS DE PESQUISA NO BRASIL*

Marco Aurélio Alves de Mendonça
Rogério Edivaldo Freitas****

Produzido no programa de trabalho de 2008

Rio de Janeiro, fevereiro de 2009

* Os autores agradecem as críticas e sugestões de Divonzir Arthur Gusso e Luís Carlos Garcia de Magalhães. Os erros remanescentes pertencem aos autores.

** Técnico de Planejamento e Pesquisa da Diretoria de Estudos Setoriais – Diset/Ipea.

Governo Federal

**Ministro de Estado Extraordinário
de Assuntos Estratégicos** – Roberto Mangabeira Unger

Secretaria de Assuntos Estratégicos



Fundação pública vinculada à Secretaria de Assuntos Estratégicos, 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

Marcio Pochmann

Diretor de Administração e Finanças

Fernando Ferreira

Diretor de Estudos Macroeconômicos

João Sicsú

Diretor de Estudos Sociais

Jorge Abrahão de Castro

Diretora de Estudos Regionais e Urbanos

Liana Maria da Frota Carleial

Diretor de Estudos Setoriais

Márcio Wohlers de Almeida

Diretor de Cooperação e Desenvolvimento

Mário Lisboa Theodoro

Chefe de Gabinete

Persio Marco Antonio Davison

Assessor-Chefe da Assessoria de Imprensa

Estanislau Maria

Assessor-Chefe da Comunicação Institucional

Daniel Castro

URL: <http://www.ipea.gov.br>

Ouvidoria: <http://www.ipea.gov.br/ouvidoria>

ISSN 1415-4765

JEL: I21, J24, O15

TEXTO PARA DISCUSSÃO

Publicação cujo objetivo é divulgar resultados de estudos direta ou indiretamente desenvolvidos pelo Ipea, os quais, por sua relevância, levam informações para profissionais especializados e estabelecem um espaço para sugestões.

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e de inteira responsabilidade do(s) autor(es), não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou da Secretaria de Assuntos Estratégicos.

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

SUMÁRIO

SINOPSE

ABSTRACT

1 INTRODUÇÃO	7
2 ESTRATÉGIA DE INVESTIGAÇÃO: ANÁLISE DOS GRUPOS DE PESQUISA EM BIOTECNOLOGIA	9
3 PERFIL DA MÃO-DE-OBRA DE PESQUISA EM BIOTECNOLOGIA	11
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	19
REFERÊNCIAS	22

SINOPSE

O estudo objetiva mapear o perfil do capital humano envolvido com a biotecnologia no Brasil. Empregou-se a análise estatística descritiva. A base de dados foi exclusivamente montada para esta pesquisa a partir de informações do Portal de Inovação do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT). A investigação constatou a existência de importante incremento dos grupos de pesquisa relacionados ao tema, nos últimos anos. Tal fato resulta dos esforços empreendidos por uma série de agentes, sendo o governo federal o principal. Ademais, os dados indicam que os pesquisadores concentram-se especialmente nas regiões Sul e Sudeste, com significativa participação das ciências agrárias, biológicas e da saúde.

ABSTRACT

The study aims to map the human capital profile involved with the biotechnology in Brazil. We used descriptive statistical analysis. The database was set up exclusively for this study starting from information of the innovation website of the Brazilian Ministry of the Science and Technology. The investigation demonstrated the increment of number of research groups in the last years. This fact results of the efforts undertaken by a series of agents, especially the federal government. Besides, the data indicate that the researchers mainly concentrate on the South and Southeast regions of the country, with significant participation of agrarian, biological and health sciences.

1 INTRODUÇÃO

A biotecnologia diz respeito a um amplo conjunto de tecnologias utilizadas em vários setores da economia para a produção de bens e serviços e que possui em comum o fato de utilizar organismos vivos ou parte deles, como moléculas ou células (SILVEIRA; BORGES, 2004).

O fato de o Brasil ser considerado um grande proprietário em acervo de biodiversidade, com 15% do total de quase 2 milhões de espécies já catalogadas, representa um ativo significativo (IPEA, 2007). Ademais, uma vez que é entendida como uma tecnologia genérica (DODGSON, 2005), a biotecnologia produz efeitos nos mais diversos setores da economia, como a agricultura e a pecuária, a silvicultura, a indústria de transformação, a medicina e a saúde, e o meio ambiente.¹

O setor integra a base produtiva de diversos setores da economia com um mercado que atingiu a ordem de 2,8% do produto interno bruto (PIB) e cerca de 304 empresas de base biotecnológica, a maioria delas vinculada às universidades e incubadoras de empresas. No entanto, o Brasil, na condição de país emergente, ainda enfrenta dificuldades para dominar tecnologias avançadas, sobretudo no que diz respeito à aplicação destes conhecimentos na geração de produtos, processos e serviços especializados que contribuam para o desenvolvimento econômico sustentável (FUNDAÇÃO BIOMINAS, 2001; ASSAD; AUCÉLIO, 2004).

Por isso, o investimento em capital humano voltado para a área de biotecnologia costuma ser considerado determinante para o desenvolvimento do campo. Já desde a década de 1960, o país vem experimentando sucessivos ingressos de profissionais e pesquisadores qualificados nas áreas de produção animal e vegetal, e não são raros os casos daqueles que buscaram especialização no exterior, seja na forma de bolsas de fomento à pesquisa, seja em programas de pós-graduação financiados por empresas estatais e/ou privadas.

Assim, tanto na universidade como no setor público ou privado, houve um grande acúmulo de conhecimento nas áreas de ciências da vida, ciências da terra e ciências físicas.

Um exemplo pontual neste contexto é o do Programa Nacional do Alcool (Proálcool). A longa trajetória do país na produção de cana-de-açúcar e os maciços investimentos no Proálcool constituíram-se nos pilares para o desenvolvimento de tecnologia e conhecimentos suficientes para expandir de forma significativa a produção de cana-de-açúcar e seus subprodutos no Brasil, ainda que a cultura tenha

1. Em termos de meio ambiente, as inovações biotecnológicas têm potencial para representar um nível de utilização menos intenso dos recursos naturais, sobretudo água e solos.

se mantido em torno de 11% de toda a área plantada com lavouras permanentes entre 1990 e 2006.²

Neste mesmo período, é reconhecido o esforço realizado, em especial até os anos 1980, no sentido da formação de um quadro amplo de engenheiros, físicos e outros profissionais das ciências exatas, dentro ainda da estratégia de industrialização e substituição de importações, particularmente as industriais.

A própria constituição da Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (Embrapa) e do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), além de tecnologias próprias como as que foram iniciadas ou desenvolvidas no extinto Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA), deram-se nesse contexto.

Por isto, o destaque recebido por uma vasta gama de brasileiros envolvidos com a biotecnologia nada tem de surpreendente, mas constitui fruto de esforço que vem sendo liderado pelo setor público.

A lei que determinou a criação do Comitê Nacional de Biotecnologia, em 2007, trouxe, entre outras prioridades, o incentivo à formação e capacitação de recursos humanos para o desenvolvimento de Ciência & Tecnologia (C&T) e inovação em biotecnologia, com foco na bioindústria.³

Sabe-se que há, hoje, uma nova geração de biólogos moleculares, em grande parte associada aos esforços da comunidade científica brasileira no Projeto Genoma, que produziu o seqüenciamento genético da bactéria *Xylella fastidiosa* (REINACH, 2007).

No entanto, este não é o acorde final de um concerto sinfônico e harmonioso. Ainda é preciso focalizar e apoiar o incremento dos ativos intelectuais envolvidos na linha de frente da pesquisa biotecnológica nacional, já que estes são fundamentais para o aproveitamento das potencialidades⁴ de fabricação e comercialização de produtos de origem biotecnológica.

A importância dos recursos humanos para o campo da biotecnologia já foi estudada por alguns autores.

Batalha *et al.* (2004) discutiram a capacitação e a formação de recursos humanos para a moderna biotecnologia no Brasil, ressaltando a importância crescente de uma formação multidisciplinar para os profissionais envolvidos no assunto, diferentemente do cunho mais tradicional da formação das áreas de biologia e ciências da saúde e

2. No caso da cana, o Brasil possui hoje pesquisadores com amplo conhecimento da cultura, herança marcada pelas pesquisas desenvolvidas no âmbito do IAA e das universidades que dele foram parceiras em inúmeros projetos do Proálcool. No momento, as pesquisas caminham no sentido de transformar a cana-de-açúcar em fonte primária de plástico, papel, ração, fertilizantes, tecidos, proteínas, próteses, colágeno, vacinas, e plasma sanguíneo (AGROANALYSIS, 2005). Há também um trabalho paralelo, que é o de produção da cana transgênica, processo que atualmente reúne universidades no Brasil e no exterior, além de instituições como a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), a Monsanto, e as próprias usinas da produção sucroalcooleira nacional.

3. O Decreto nº 6.041, de 8 de fevereiro de 2007, instituiu a Política de Desenvolvimento da Biotecnologia e criou o Comitê Nacional de Biotecnologia, além de outras providências. Para detalhes, ver Brasil (2008).

4. No Brasil, a ciência conhece menos de 1,5 mil espécies vegetais bioativas. Quase metade das 100 drogas mais vendidas no mundo foi criada com base em compostos naturais e cerca de 30% dos medicamentos têm como princípio ativo elementos retirados da natureza, embora apenas 5% da flora mundial já tenham sido analisados para identificar seu valor farmacológico potencial (IPEA, 2007).

agrícola. Tal trabalho constituiu claro esforço de sistematização das informações de oferta e demanda desses profissionais no Brasil, oferecendo um diagnóstico geral do lado da oferta, e encontrando limitações na obtenção de dados a campo (junto aos líderes de grupos de pesquisa na Plataforma Lattes) do lado da demanda.

Esta necessidade de diversificação da formação do profissional da área também havia sido levantada por Silva e Sant'Ana (n.d.), segundo os quais são necessárias mudanças nos cursos de graduação e pós-graduação de modo a fortalecer o suporte técnico às indústrias, atrair novos talentos e formar uma cultura mais receptiva às questões científicas que estão na base do sistema de inovação; além da formação de gestores em inovação tecnológica.

Mais especificamente,

Existe um consenso entre os especialistas consultados, tanto da academia como do setor industrial, de que áreas como gestão do conhecimento, gestão de tecnologia, propriedade intelectual, marcos regulatórios e treinamento industrial têm recebido atenção inadequada. (FELIPE, 2006, p. 5).

Mais do que isto, seria necessário um complexo de formação científico-tecnológica destinado a cobrir um leque diversificado de ocupações, desde as rotinas de execução operacional do chão de fábrica até os laboratórios de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e também os grupos de pesquisa de fronteira.

De fato, esses desafios podem ser parcialmente transpostos com o aprofundamento das parcerias das universidades e centros de pesquisa junto às empresas, de modo a materializar nos projetos comuns as demandas das indústrias e as possibilidades de transformar projetos de pesquisa em produtos finais disponíveis à sociedade. As agências de transferência de tecnologia que têm sido organizadas no seio das principais universidades brasileiras são ferramentas importantes neste processo.

No presente trabalho, objetiva-se delinear o perfil da mão-de-obra de pesquisa envolvida com a biotecnologia no Brasil. Ainda que esta meta possa ser considerada modesta, considera-se que constitui tópico de fundamental interesse para o desenvolvimento de ações e políticas destinadas a incrementar o campo.

O trabalho está estruturado da seguinte maneira: a seção 2 focaliza a estratégia investigativa adotada, bem como a metodologia desenvolvida. A seção 3 apresenta dados e estatísticas relacionados ao perfil dos recursos humanos envolvidos na pesquisa em biotecnologia. A última seção traz as considerações finais.

2 ESTRATÉGIA DE INVESTIGAÇÃO: ANÁLISE DOS GRUPOS DE PESQUISA EM BIOTECNOLOGIA

Para a elaboração do perfil da mão-de-obra de pesquisa ligada ao ramo da biotecnologia, foi indispensável conseguir informações acerca dos pesquisadores brasileiros junto às bases de dados disponíveis. Como tais informações não estão livremente disponíveis, foi necessário montar uma base de dados exclusivamente para este trabalho.

Os dados aqui utilizados foram obtidos a partir do Portal da Inovação⁵ do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT). Este é alimentado por duas outras fontes, a saber:

a) Plataforma Lattes,⁶ um conjunto de sistemas de informação, bases de dados, *data warehouses*, portais e sistemas de conhecimento voltados ao mapeamento das competências nacionais e das ações de fomento em Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I).

b) Diretório de oportunidades, um repositório de informações fornecidas por empresas que declaram suas demandas de capacitação de pessoal, de capacitação tecnológica, de apoio à exportação e de eventuais contratações nacionais de produtos e serviços importados. Essas informações formam um diretório de oportunidades que é tornado público (com sigilo do declarante) para interessados em cooperação técnico-científica.

No portal, tais informações são reindexadas e disponibilizadas por meio de sistemas de busca voltados a facilitar a interação entre os usuários das informações e as fontes das informações. Destarte, são possíveis buscas instantâneas por área, grupo de pesquisa e nome de pesquisadores, num universo de mais de 500 mil pessoas e cerca de 20 mil grupos de pesquisa das bases originais.

A base montada para este trabalho foi construída a partir de levantamento de dados realizado entre abril e setembro de 2007. O exame preliminar da base apontou a existência de 2.717 grupos de pesquisa; e apenas duas empresas cadastradas como participantes do grupo brasileiro vinculado ao estudo da biotecnologia.

Porém, entre as informações reunidas, observaram-se alguns problemas importantes dignos de ressalva, vale dizer: informação não sistematizada, foco impreciso de algumas linhas de pesquisa (inclusive em detrimento de vocações nacionais ou regionais), e mesmo a realização de pesquisas desalinhadas das preocupações institucionais ou de mercado.

Por conta disto, julgou-se necessário ressaltar que, do total de 2.717 grupos de pesquisa que apontaram o termo “biotecnologia” como uma das palavras-chave de seus respectivos temas de pesquisa, nem todos podem ser considerados razoavelmente enquadrados na categoria investigada.

Um exame acurado da base de dados permitiu aferir que muitos dos grupos de pesquisa, especialmente aqueles ligados às ciências sociais aplicadas, ciências humanas e lingüística declararam com maior ou menor grau de inexatidão sua ligação com o tema aqui abordado.⁷

5. Disponível em: <<http://www.portalinovacao.mct.gov.br>> (PORTAL DA INOVAÇÃO, 2007).

6. A Plataforma Lattes foi criada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e reúne informações declaradas pelos próprios pesquisadores, as quais certamente são menos precisas do que aquelas produzidas por órgãos estatísticos oficiais. O Portal da Inovação possui acesso a informações continuamente atualizadas das bases de currículos e grupos de pesquisa.

7. Em certo sentido, este parece ser um dos problemas desta fonte de informações, vale dizer, o caráter declaratório acrescido do anseio por constar de diretórios e publicações, o que pode superestimar a respectiva oferta de pesquisadores.

Isto posto, optou-se pela retirada criteriosa de um total de 290 observações da base, permitindo uma visão mais rigorosa acerca dos grupos realmente ligados às atividades biotecnológicas.

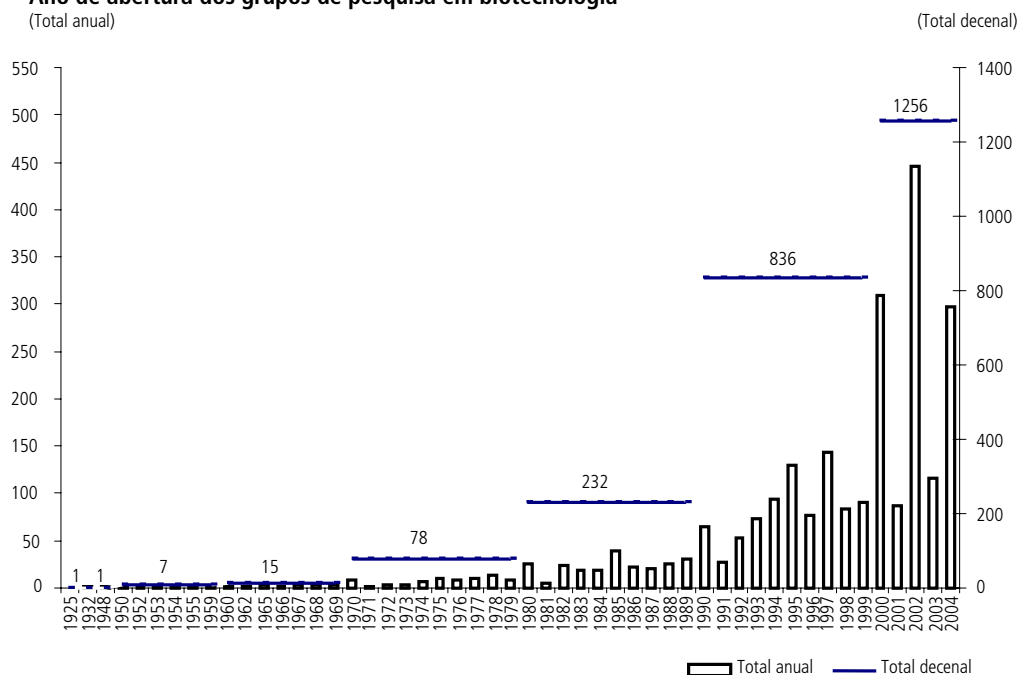
3 PERFIL DA MÃO-DE-OBRA DE PESQUISA EM BIOTECNOLOGIA

O primeiro grupo de pesquisa relacionado à biotecnologia a surgir no Brasil remonta ao ano de 1932. O grupo é vinculado ao Instituto Agrônomo (IAC),⁸ órgão de pesquisa da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, com sede no município de Campinas, que foi fundado em 1887 pelo imperador D. Pedro II.

Como se pode identificar, a partir do gráfico 1, as atividades formais de pesquisa em biotecnologia foram iniciadas há aproximadamente 75 anos, no Brasil. Um exame dos dados permite observar, no entanto, que o campo permaneceu pouco conhecido ou divulgado até a década de 1970, quando o número de grupos começou a ser incrementado. Apenas 20 anos depois, nos anos 1990, o setor assistiu a um crescimento expressivo.

GRÁFICO 1

Ano de abertura dos grupos de pesquisa em biotecnologia



Fonte: Dados elaborados pelos autores a partir do Portal da Inovação (setembro de 2007).

8. O IAC recebeu inicialmente a denominação de Imperial Estação Agrônomo de Campinas e, em 1892, passou para o governo do Estado de São Paulo. A instituição objetiva gerar e transferir tecnologia para o negócio agrícola, visando à otimização dos sistemas de produção vegetal e ao desenvolvimento socioeconômico com qualidade ambiental. Sua atuação garante ainda a oferta de alimentos à população e matéria-prima à indústria, cooperando para a segurança alimentar e para a competitividade dos produtos no mercado interno e externo. Para isso, conta com um patrimônio humano de 216 pesquisadores científicos e 372 funcionários de apoio, além de 1.279 hectares de terras distribuídos entre a sede, o Centro Experimental Central e quatro centros avançados de pesquisa, com casas de vegetação, laboratórios, demais instalações, e infra-estrutura adequada aos seus trabalhos (IAC, 2007).

A intuição sugere que o fenômeno está intrinsecamente ligado ao próprio desenvolvimento da pesquisa biotecnológica em nível mundial. Sabe-se que, em termos gerais, o campo se divide em dois grupos: a *biotecnologia clássica ou tradicional*, ligada à utilização de organismos em sua forma natural ou por meio do melhoramento genético tradicional; e a *biotecnologia moderna*, que faz uso de organismos vivos modificados geneticamente por meio da engenharia genética ou tecnologia do DNA recombinante (SILVEIRA; BORGES, 2004).

De fato, antes da introdução do DNA recombinante, os pesquisadores estavam seriamente limitados pelo tamanho e a forma dos componentes que eles poderiam sintetizar. Em particular, não havia nenhum método disponível que possibilitasse a produção em larga escala. A técnica permite cortar e unir quimicamente o DNA e assim transferir genes de uma espécie para outra. Com isso, novos organismos, com novos atributos podem ser construídos.

Segundo Pisano (2002, p. 355), “Recombinant DNA (rDNA) is a genetic technique discovered by Herbert Boyer and Stanley Cohen in 1973. The discovery and dissemination of this technique essentially marked the beginning of the ‘biotechnology’ industry”.

Além disso, houve o desenvolvimento acelerado de vários ramos das ciências biológicas e correlatas em termos de manejo de processos em dimensões cada vez mais reduzidas, bem como avanços no processo de industrialização e comercialização de descobertas nesses campos. São exemplos de conseqüências desses progressos os desdobramentos da genética molecular a partir da década de 1970; e as permissões de patenteamento de microorganismos nos Estados Unidos na década seguinte (BIO, 2007).

O gráfico 1 indica que o crescimento da abertura dos grupos de pesquisa deu-se nos anos 1970, obtendo grande incremento nas décadas posteriores e, sobretudo, no período entre 2000 e 2004.

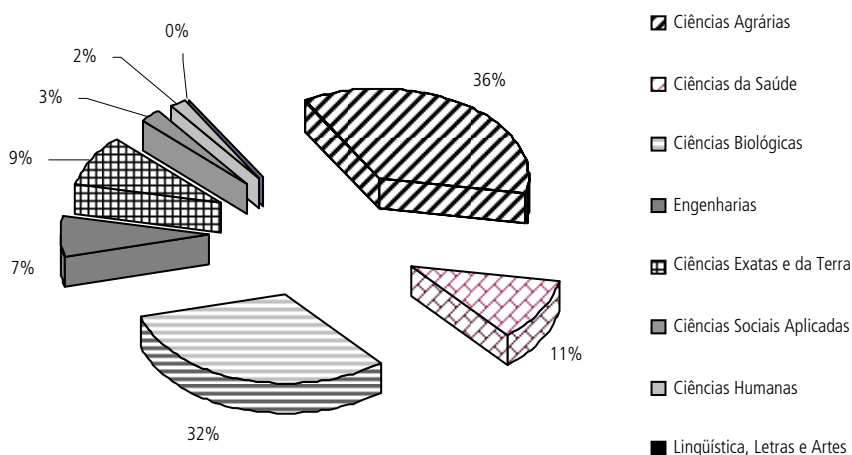
Com relação à distribuição dos grupos por área de conhecimento (gráfico 2), nota-se que as ciências agrárias, biológicas e da saúde são as mais relevantes, uma vez que respondem por 79% do total. Entretanto, as ciências exatas e da terra (9%); e as engenharias (7%) não podem ser desprezadas.

As principais aplicações biotecnológicas, listadas pelos grupos de pesquisa presentes no Portal da Inovação, são as seguintes: agricultura, pecuária e saúde humana e animal.

A partir de dados do MCT (2006), para a média do período 2002-2004, na área de ciências agrárias, 3,23% dos artigos publicados em periódicos científicos internacionais indexados, em relação ao mundo, são de residentes no Brasil. Nas áreas de microbiologia, ciências dos animais e plantas, e farmacologia, esses percentuais são, respectivamente, de 2,33%, 2,32% e 2,10%.⁹

9. Para o total das áreas, assim como definidas pelo MCT, esse percentual foi de 1,50%, contemplando-se as seguintes áreas: ciências agrárias, microbiologia, ciências dos animais/plantas, física, farmacologia, ciências espaciais, biologia e bioquímica, matemática, ecologia/meio ambiente, imunologia, química, multidisciplinar, ciência dos materiais, biologia molecular/genética, geociências, neurociências e ciências comportamentais, clínica médica, engenharia, ciências sociais em geral, ciência da computação, psicologia/psiquiatria, economia e negócios, educação, e direito.

GRÁFICO 2
Distribuição dos grupos por área de conhecimento

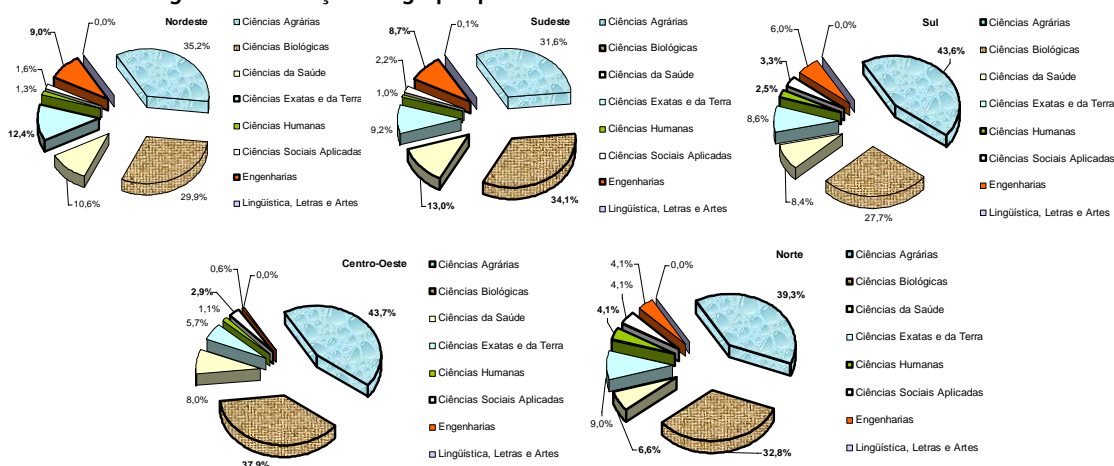


Fonte: Dados elaborados pelos autores a partir do Portal da Inovação (setembro de 2007).

Em certa medida, tal conjuntura é aderente à vocação brasileira nas áreas citadas.

A realização de um cruzamento dos dados relacionados às áreas de conhecimento com as regiões das quais os grupos de pesquisa são oriundos está ilustrada no gráfico 3.

GRÁFICO 3
Grandes regiões: distribuição dos grupos por área de conhecimento



Fonte: Dados elaborados pelos autores a partir do Portal da Inovação (setembro de 2007).

É possível observar que a região Norte, a que possui menor parcela do total nacional (5%), investe precipuamente nas pesquisas relacionadas às ciências agrárias e biológicas, que incluem, respectivamente, 39,3% e 32,8% dos grupos voltados para a área de biotecnologia. A parcela de 9% dedica-se às ciências exatas e da terra.

Na região Nordeste, cuja participação nacional é de 15,6%, o padrão anterior se mantém. Entretanto, há que se destacar a importância relativa das ciências exatas e da terra (12,4%), e engenharias (9%).

No Centro-Oeste, que conta com cerca de 7% do montante de grupos, 81,6% dos pesquisadores focalizam os ramos agrário e biológico. Ressalte-se ainda que 8% dos grupos são relacionados às ciências da saúde.

Com relação à região Sudeste, responsável por quase metade do total dos grupos de pesquisa, os dados indicam que, ainda que o padrão geral observado se mantenha com 31,6% dos pesquisadores ligados às ciências agrárias; e 34,1%, às ciências biológicas, há um modelo ligeiramente mais diversificado, se comparado com as demais regiões. Um total de 13% dos pesquisadores está ligado às ciências da saúde; 9,2%, às ciências exatas e da terra; e 8,7% às engenharias.

Por fim, o Sul do país, que detém 23,5% dos grupos de pesquisa, concentra um montante de 43,6% e 27,7% dos grupos relacionados, respectivamente, às ciências agrárias e biológicas. Ademais, há significativa presença das ciências exatas e da terra (8,6%), ciências da saúde (8,4%) e engenharias (6%).

Comparativamente aos percentuais para o país como um todo, há que se destacar as elevadas proporções de ciências agrárias no Centro-Oeste, Norte e Sul; das ciências biológicas no Sudeste, Norte e Centro-Oeste; das engenharias no Nordeste e Sudeste; das ciências da saúde no Sudeste; e das ciências exatas e da terra no Nordeste.

Quando se focalizam as principais áreas de titulação dos pesquisadores nacionais, os dados indicam a agronomia como a principal. Além disso, à exceção dos pesquisadores que se enquadrariam no grupo de direito (uma das áreas de conhecimento cujas observações foram retiradas da base final), as demais áreas de titulação se concentram nas áreas de genética, bioquímica, medicina veterinária e biologia geral.

TABELA 1

Especialistas em biotecnologia por área de titulação, dez áreas líderes

Área de titulação	Pesquisadores	% do total
Agronomia	839	18,5
Genética	379	8,4
Bioquímica	280	6,2
Medicina veterinária	264	5,8
Biologia geral	209	4,6
Ciência e tecnologia de alimentos	184	4,1
Direito	184	4,1
Química	166	3,7
Botânica	161	3,6
Engenharia química	158	3,5
Total	2.824	62,5

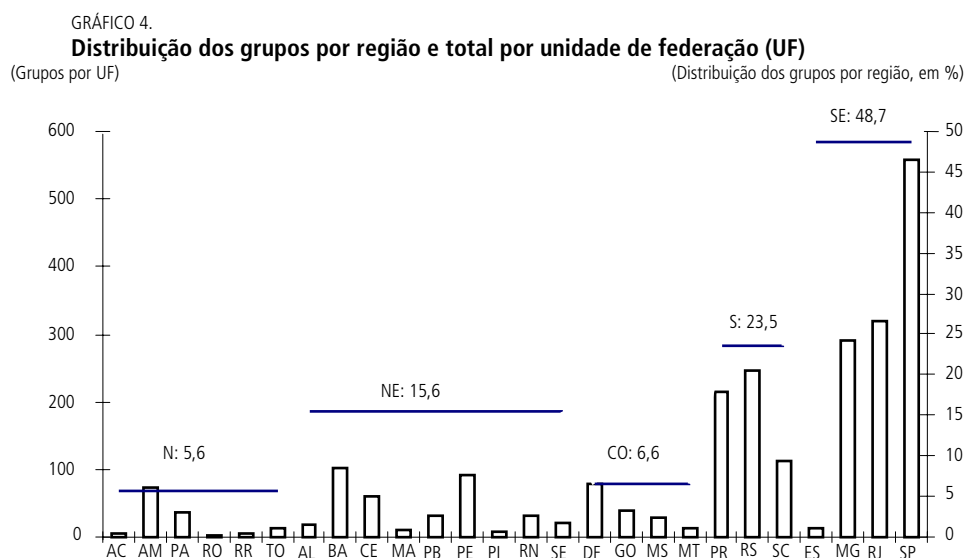
Fonte: Dados elaborados pelos autores a partir do Portal da Inovação (abril de 2007).

Nota: Refere-se à base de dados observada em abril de 2007.

Não por acaso, os grupos de pesquisa dominantes por áreas de titulação pertencem aos campos de agronomia, botânica, química, medicina veterinária,

biologia geral, bioquímica, ciência e tecnologia de alimentos, genética e engenharia química. Essas áreas de conhecimento representam quase 2/3 dos especialistas voltados para temas biotecnológicos.

Outro ponto importante a ser investigado diz respeito à distribuição regional da pesquisa (gráfico 4).



Fonte: Dados elaborados pelos autores a partir do Portal da Inovação (setembro de 2007).
 Nota: Norte (N), Nordeste (NE), Centro-Oeste (CO), Sul (S) e Sudeste (SE).

Os dados indicaram um predomínio, aliás, esperado, das regiões mais desenvolvidas do país. As regiões Sul e Sudeste responderam por aproximadamente 72% do total dos grupos. A região Nordeste também apresenta um percentual bastante relevante (16%). Além disso, um exame mais detalhado sobre o mesmo tema, revelado pelo gráfico 4, indica a supremacia do Estado de São Paulo, que conta com 558 grupos (23% do total); seguido por Rio de Janeiro, com 320 grupos (13,2%); Minas Gerais, com 291 (12%); Rio Grande do Sul, com 245 (10%); Paraná, com 214 (8,8%); e por fim, Santa Catarina, com 112, representando 4,6% dos grupos.

Uma questão muito relevante a ser ressaltada diz respeito ao vínculo dos grupos de pesquisa. Os dados indicam que aproximadamente 88% dos grupos de pesquisa são vinculados à esfera pública.

Tal desbalanceamento dos grupos de pesquisa analisados, em maior concentração na esfera pública, alinha-se com a idéia de que muitos dos pesquisadores da área retornam à ou permanecem na universidade ao longo de suas trajetórias profissionais. Esse fenômeno tem também sua raiz na ainda relativamente escassa interação entre empresariado e setor acadêmico no tecido produtivo brasileiro.

Este resultado é curioso, uma vez que um campo considerado tão promissor e repleto de oportunidades apresenta-se ainda tão pouco explorado pelo setor privado, no Brasil. No entanto, a conjuntura não surpreende. Afinal, a multidisciplinaridade, a

complexidade e a dispersão da biotecnologia por diversos setores de atividade implicam a capacitação em vários ramos do conhecimento.

Dada a impossibilidade de apenas um agente dominar todo o arsenal científico envolvido, as atividades biotecnológicas pressupõem o desenvolvimento de redes de relações entre firmas estabelecidas, novas empresas, universidades e centros de pesquisa públicos¹⁰ (SILVEIRA; BORGES, 2004).

E, por certo, a consolidação dessa rede de atividades e instituições depende de um arcabouço legal socialmente resolvido e aceito, o que ainda não é o caso do marco regulatório em biotecnologia no Brasil, conforme se pode depreender pelas dificuldades de funcionamento da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio).

Ainda que o Brasil tenha avançado neste sentido, ainda há gargalos a serem enfrentados relacionados às parcerias universidade-empresa, bem como com relação aos arranjos de financiamento, à transferência de tecnologia, além da proteção intelectual dos produtos biotecnológicos (IPEA, 2006).

Sobre a questão da propriedade intelectual, as dificuldades não são inerentes ao caso brasileiro e já constituíram inúmeras barreiras em outros países. Nos Estados Unidos, por exemplo,

(...) innovations in the agricultural biotechnology industries are of relatively recent origin (...) Most plant and animal invention (and innovation) prior to the biotech era was produced in public sector agricultural experiment station research programs. This was the consequence of weak Intellectual property Rights for private sector invention in plant and animal improvement. (EVENSON, 2002, p. 367).

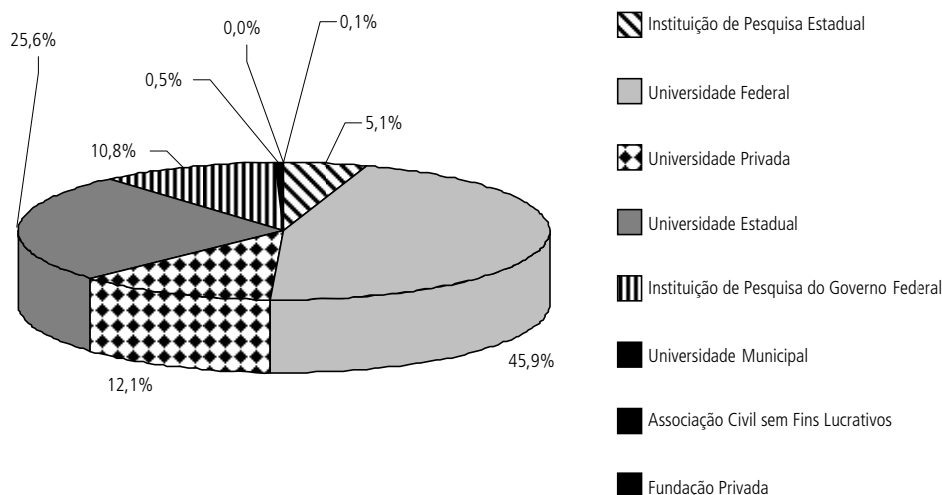
Os dados do Portal da Inovação indicaram que 57% das pesquisas são financiadas diretamente pelo governo federal, sendo que 46% do total estão ligadas às universidades federais. Os estados respondem por aproximadamente 31%, sendo 26% oriundas das universidades.

Este perfil provavelmente decorre de um fato estilizado observado no Brasil: a supremacia absoluta, em termos de qualidade, das instituições públicas de ensino superior, em especial nos campos de conhecimento que demandam experimentos laboratoriais.

Sabe-se também que as atividades de pesquisa estão fortemente concentradas no setor público, que também privilegia as atividades de extensão universitária, por conta do fato de as instituições privadas focalizarem, na maioria das vezes, as atividades de ensino, em detrimento das demais.

10. Ademais, é preciso ponderar que, no caso de experimentos laboratoriais no campo da biotecnologia, os custos e riscos envolvidos até a produção, liberação legal, e comercialização de um bem ou processo são não-desprezíveis. Apenas a título ilustrativo, a geração de um novo cultivar agrônomo exige em média dez anos de pesquisas e atividades correlatas, não sendo improváveis casos com prazos maiores (EMBRAPA, 2007). Ainda nessa linha, segundo Stuart, Ozdemir e Ding (2007), o desenvolvimento de novas drogas é muito complexo, demanda vários anos de testes e pesquisas e as etapas a cumprir para a liberação comercial do produto tendem a apresentar custos crescentes. Segundo informação da indústria de fármacos norte-americana, citada por esse autor, o tempo total envolvido entre o começo da descoberta no estágio de pesquisa até a comercialização do novo medicamento está entre 10 e 15 anos.

GRÁFICO 5
Vinculação institucional dos grupos de pesquisa



Fonte: Dados elaborados pelos autores a partir do Portal da Inovação, setembro de 2007.

Por isto, com relação ao nível de titulação, os dados indicam que a maioria esmagadora dos pesquisadores no campo da biotecnologia possui o doutoramento (82%). Tal fato provavelmente decorre de 84% dos grupos de pesquisa estarem ligados às universidades, onde a valorização da titulação se deve em parte a requisitos legais, que virtualmente contribuem para maiores salários e perspectivas na carreira.

O exercício seguinte objetivou identificar a distribuição percentual dos titulados, divididos por área de conhecimento (tabela 2).

TABELA 2
Distribuição percentual dos titulados por área de conhecimento
(Em %)

Tipo de vínculo	Doutores	Mestres	Graduados
Ciências agrárias	39,94	44,75	39,68
Ciências biológicas	29,91	24,60	30,05
Ciências da saúde	11,02	12,19	10,32
Ciências exatas e da terra	8,60	6,49	5,50
Engenharias	7,00	6,24	7,11
Ciências sociais aplicadas	2,35	3,02	6,65
Ciências humanas	1,13	2,68	0,69
Linguística, letras e artes	0,05	0,03	0,00
Total	100,0	100,0	100,0

Fonte: Dados elaborados pelos autores a partir do Portal da Inovação (setembro de 2007).

Os dados indicaram que, do total de doutores envolvidos na pesquisa de biotecnologia, 81% estão dedicados às áreas já apontadas como dominantes, a saber: ciências agrárias, biológicas e da saúde. Um percentual muito parecido ocorre também para mestres (82%) e graduados (80%) dedicados a estas áreas,

provavelmente em decorrência da própria estrutura e natureza da hierarquia típica das instituições de pesquisa, sobretudo nas universidades.

A tabela 3 ilustra de que maneira ocorre a distribuição dos titulados com relação ao tipo de vínculo institucional. Como era esperado, observa-se a forte participação da esfera federal que congrega 60,30% dos doutores, 55% dos mestres e 50,5% dos graduados.

TABELA 3
Distribuição percentual dos titulados por tipo de vínculo institucional
(Em %)

Tipo de vínculo	Doutores	Mestres	Graduados
Universidade federal	46,4	34,2	37,2
Universidade estadual	25,3	15,2	18,6
Instituição de pesquisa federal	14,0	20,8	13,3
Universidade privada	8,1	18,4	11,5
Instituição de pesquisa estadual	5,8	10,3	17,4
Universidade municipal	0,3	0,7	0,9
Fundação privada	0,1	0,3	1,1
Associação civil sem fins lucrativos	0,0	0,0	0,0
Total	100,0	100,0	100,0

Fonte: Dados elaborados pelos autores a partir do Portal da Inovação (setembro de 2007).

As instituições estaduais vêm em seguida, com, respectivamente, 31,1%, 25,5% e 36%. Deve-se destacar que estas estatísticas são fortemente influenciadas pelo Estado de São Paulo, que detém alguns dos mais renomados centros de pesquisas e universidades do Brasil.

A distribuição regional dos titulados – por seu caráter de permanência e reprodução no tempo – também constitui questão relevante. Afinal, há certa simultaneidade no fato de as regiões mais adiantadas concentrarem maior número de doutores e mestres, o que pode representar um desafio em termos do aproveitamento das oportunidades regionais associadas à biodiversidade brasileira.

Os dados indicaram que a região Sudeste reúne cerca de metade dos doutores brasileiros; seguida da região Sul, com 20%. Do total de mestres, 29% estão presentes na região mais desenvolvida do país e igual percentual está abrigado na região mais meridional. Tal fato é interessante, se assumirmos que a região Sul, no futuro, tende a ter grandes potencialidades em decorrência do provável doutoramento dos atuais mestres.

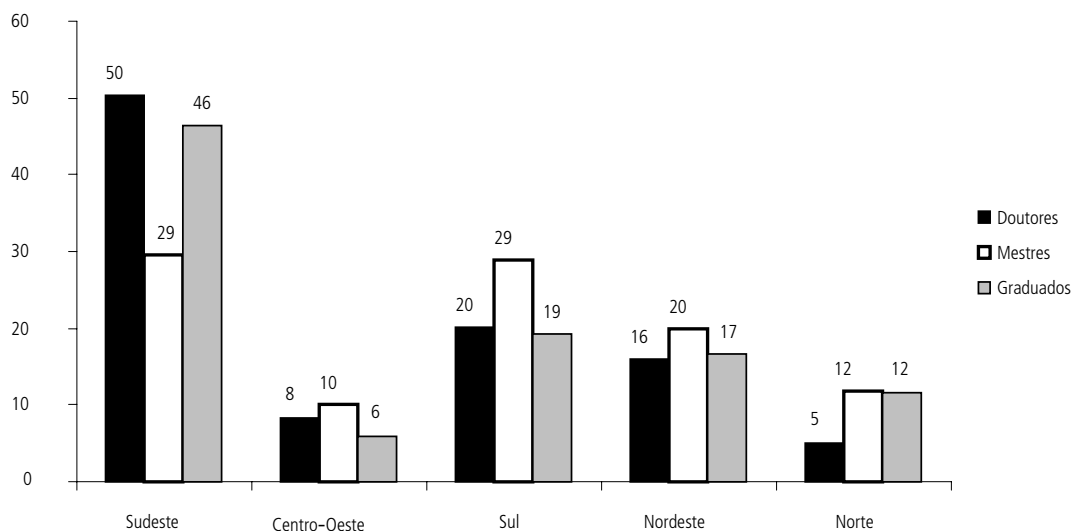
Em termos aparentemente negativos, observa-se a baixa concentração de titulados nas regiões Norte e Centro-Oeste, justamente aquelas que provavelmente se beneficiaram das pesquisas, voltadas sobretudo para as ciências agrárias, bem como da exploração econômica da biodiversidade brasileira.

Na primeira região, evidencia-se a reduzida proporção de doutores no total do país. O dado tende a se tornar mais crítico se for relacionado com o tamanho da população, ou ainda, com a área da região, a maior do Brasil. Já na região central do

país, a baixa proporção de graduados salta aos olhos. Aparentemente, a pesquisa biotecnológica de ponta na região precisaria, no futuro, importar pesquisadores de maior titulação de outras regiões do país.

Em parte, essas disparidades regionais podem vir a ser supridas, em algum grau, pelos programas de fixação de recém-doutores e pelos programas e editais interinstitucionais e inter-regionais das agências de financiamento à pesquisa.

GRÁFICO 6
Porcentagem de titulados por região



Fonte: Dados elaborados pelos autores a partir do Portal da Inovação (setembro de 2007).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O relativo êxito obtido pela pesquisa brasileira no campo da biotecnologia muito se deve aos esforços realizados em prol do incremento da capacidade técnica dos recursos humanos envolvidos.

Os esforços realizados pela esfera pública encarnam o fator-chave do reconhecido sucesso do campo. Tal percepção culminou com o estabelecimento do Comitê Nacional de Biotecnologia, em 2007.

Este trabalho procurou mapear o perfil do capital humano nacional envolvido no setor. Os dados utilizados foram obtidos a partir do Portal de Inovação do MCT, cujas informações, advindas da Plataforma Lattes e do Diretório de Oportunidades, são declaradas pelos próprios pesquisadores ou líderes de pesquisa.

Foram encontrados 2.717 grupos de pesquisa. Entretanto, nem todos os grupos parecem efetivamente ligados ao tema, o que motivou a retirada de 290 observações da base estudada.

A investigação permitiu observar que o interesse pela biotecnologia remonta à década de 1930 no país. No entanto, o campo permaneceu pouco conhecido ou divulgado até a década de 1970, quando o número de grupos começou a ser incrementado.

A significativa explosão da formação de grupos só viria a ocorrer nos anos 1990, em decorrência da renovação do interesse pelo tema em nível mundial, associado às inovações da biotecnologia moderna. De fato, antes da introdução do DNA recombinante, os pesquisadores estavam seriamente limitados pelo tamanho e a forma dos componentes que eles poderiam sintetizar.

Todavia, também aqui é preciso levar em conta que é provável que nem todos os grupos que assim se atribuem esta denominação de fato são produtivos no tema ou realizam pesquisa e geram produtos ou processos biotecnológicos patenteáveis. É necessário compreender este crescimento do número de grupos nos anos da década de 1990 no contexto de disseminação do uso de ferramentas de tecnologia da informação para o registro de competências, como é o caso da base de dados Lattes utilizada.

Os dados indicam que as chamadas ciências agrárias se apresentam como o principal ramo da pesquisa no Brasil, seguida pelas ciências biológicas e da saúde. Juntas, as três áreas respondem por 79% dos grupos de pesquisa em biotecnologia.

Tal padrão se mantém em nível regional. Como esperado, as regiões Sudeste e Sul são aquelas que mais se destacam. Em particular, o Sudeste é responsável por quase metade do total da pesquisa nacional, e detém um modelo ligeiramente mais diversificado, se comparado com as demais regiões. Um total de 13% dos pesquisadores está ligado às ciências da saúde; 9,2%, às ciências exatas e da terra; e 8,7% às engenharias.

Com relação às demais regiões do país, observa-se o seguinte: o Centro-Oeste focaliza, principalmente, os ramos agrário e biológico, enquanto a região Nordeste reproduz o padrão médio do país, mas também com alguma ênfase nas ciências exatas e da terra, e nas engenharias.

Conforme esperado, as áreas de titulação dominantes (agronomia, genética, bioquímica, medicina veterinária, e biologia geral) repercutem diretamente sobre as áreas de conhecimento priorizadas pelos grupos de pesquisa em biotecnologia, nas ciências agrárias, ciências biológicas e ciências da saúde. Ao mesmo tempo, tais áreas notabilizam-se pela dominância no total de doutores da amostra empregada no trabalho.

Tal fato consolida a conjuntura relacionada ao nível de titulação, bem como a sua distribuição pelo país. Os dados indicam que a maioria absoluta de doutores e mestres se encontram alocados nas principais áreas do conhecimento já citadas. Ademais, esses titulados estão vinculados principalmente às universidades federais e estaduais, cuja localização se concentra no Sul e no Sudeste do país.

A multidisciplinaridade, a complexidade e a dispersão da biotecnologia por diversas atividades econômicas implicam a capacitação em vários ramos do conhecimento. Dada a impossibilidade de apenas um agente dominar todo o arsenal científico envolvido, as atividades biotecnológicas demandam o desenvolvimento de redes de relações entre firmas estabelecidas, novas empresas, universidades e centros de pesquisa públicos.

Adicionalmente, pode ser reducionista a idéia de que basta formar maior número de profissionais e/ou formá-los melhor, se esta mão-de-obra adicional também se dirigir para o mundo universitário. Sob este aspecto, o grande desafio é

constituir um sistema setorial de inovação, no qual a parceria entre setor privado e centros de pesquisa possa tornar-se mais efetiva. Este é, por certo, um dos pré-requisitos para aumentar o número de processos e produtos biotecnológicos patenteados relativamente à publicação de artigos científicos.

Por certo, a consolidação desta rede de atividades e instituições depende de um arcabouço legal correspondente, o que ainda é um processo em consolidação no Brasil.

Em termos de vinculação institucional, o governo federal apresenta-se como o mais importante neste cenário, principalmente por conta das universidades, mas também em decorrência dos institutos de pesquisa por ele mantidos. A esfera estadual também possui significativa participação, sobretudo no caso do Estado de São Paulo, cujas universidades estaduais respondem por razoável percentual dos pesquisadores amostrados no Portal da Inovação.

Não surpreendentemente, as regiões Sul e Sudeste responderam por aproximadamente 72% do total dos grupos. Esse fenômeno, como se sabe, também está reproduzido em outros setores de atividade econômica.

No que concerne à distribuição regional dos titulados, a região Sudeste reúne cerca de metade dos doutores brasileiros; seguida pela região Sul, com pouco mais de 20%. Em verdade, há certa simultaneidade no fato de as regiões mais adiantadas concentrarem maior número de doutores e mestres, o que pode representar um desafio em termos do aproveitamento das oportunidades regionais associadas à biodiversidade brasileira.

Não obstante, é premente dizer que, no Norte e no Nordeste, há projetos pecuários e agroindustriais que poderiam ser campo de aplicação muito promissor, caso das regiões com potencial para a produção de frutas e todas as áreas de pecuária regional/local.

As disparidades regionais podem vir a ser supridas, em algum grau, pelos programas de fixação de recém-doutores ou pelos programas e editais interinstitucionais ou inter-regionais das agências de financiamento à pesquisa.

Por fim, é salutar ressaltar a simplicidade deste levantamento, cuja relevância é também inquestionável. O objetivo aqui consistiu pura e simplesmente em mapear a presença do capital humano nacional voltado para a biotecnologia.

Futuras investigações podem certamente adicionar refinamentos ou correções desse esforço inicial. Neste sentido, outras bases de informações podem ser visitadas como a Relação Anual de Informações Sociais (Rais) ou o Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (Caged). Ou ainda, pode-se proceder a critérios complementares de análise dos próprios grupos de pesquisa da Plataforma Lattes, como o uso de palavras-chave da área de biotecnologia, por exemplo.

Em particular a análise de dados da Rais e do Caged pode fornecer melhor compreensão sobre eventual limitação na oferta de mão-de-obra nas carreiras técnicas e tecnológicas associadas à biotecnologia no Brasil.

Questões para análise futura são inúmeras e constituem-se em possíveis desdobramentos do presente texto. Qual a relação entre tempo de vida dos grupos de pesquisa e respectivos artigos ou patentes geradas? Quantos grupos permanecem ativos após dez anos de sua instalação? Quais os melhores critérios de comparação

entre os grupos com poucos anos de vida e os mais antigos da base de dados? As respostas certamente teriam inferências sobre decisões de formação de mão-de-obra para produtos e processos biotecnológicos.

Outro ponto para posterior investigação é a possível diversificação do perfil de titulações quando associadas à pesquisa básica e aplicada, aos estágios de P&D, *engineering* e prototipagem e aos ensaios em escala de mercado, quando profissionais de linha de produção são exigidos.

Assim, existe um imenso campo a ser explorado no que tange ao tema deste trabalho. São inúmeras as questões relacionadas à propriedade intelectual e às políticas públicas voltadas para o setor. Para isso, dever-se-á observar tanto a quantidade quanto a qualidade da pesquisa produzida. É intenção dos autores prosseguir nesta direção.

REFERÊNCIAS

AGROANALYSIS. A explosão da cana. Rio de Janeiro: FGV, maio 2005.

ASSAD, A.; AUCÉLIO, J. Biotecnologia no Brasil: recentes esforços. In: SILVEIRA, J.; POZ, M.; ASSAD, A. (Orgs.). *Biotecnologia e recursos genéticos: desafios e oportunidades para o Brasil*. Campinas: Unicamp, 2004.

BATALHA, M.; BONACELLI, M.; MORANDI DA SILVA, V.; BORRAS, M. Pós-graduação e biotecnologia: formação e capacitação de recursos humanos no Brasil. In: SILVEIRA, J.; POZ, M.; ASSAD, A. (Orgs.). *Biotecnologia e recursos genéticos: desafios e oportunidades para o Brasil*. Campinas: Unicamp, 2004.

BIO – Biotechnology Industry Organization. *BIO 2005-2006 – guide to Biotechnology*. Washington DC: BIO, 2007. 149p.

BRASIL. Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos. *Decreto nº 6.041*, de 8 de fevereiro de 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Decreto/D6041.htm>. Acesso em: 24 set. 2008.

DODGSON, M. As políticas para ciência, tecnologia e inovação nas economias asiáticas de industrialização recente. In: KIM, L.; NELSON, R. R. (Orgs.). *Tecnologia, aprendizado e inovação: as experiências das economias de industrialização recente*. Campinas: Unicamp, 2005.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Seminário Propriedade Intelectual e Inovação para o Desenvolvimento do Agronegócio Brasileiro*. Disponível em: <<http://www22.sede.embrapa.br/snt/html/propriedadeintelectual/eventos.htm>>. Acesso em: 29 mai. 2007.

EVENSON, R. Agricultural biotechnology. In: STEIL, B.; VICTOR, D.; NELSON, R. (Eds.). *Technological innovation and economic performance*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 2002.

FELIPE, M. *Grupo de trabalho de recursos humanos do fórum de competitividade em biotecnologia*. Brasília: CGEE/MDIC, 2006. 23p.

FUNDAÇÃO BIOMINAS. Parque nacional de empresas de biotecnologia. *Estudos em Biotecnologia*. Programa de Biotecnologia e Recursos Genéticos, MCT/Finep, 2001. 47 p.

IAC – Instituto Agrônomo. Disponível em: <www.iac.sp.gov.br>. Acesso em: nov. 2007.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. *Biotecnologia no Brasil: momento atual e gargalos*. set. 2006. 4p. (Nota de seminário).

_____. Melhores práticas – remédio para tudo. *Revista Desafios do Desenvolvimento*, n. 33, ano 4, p. 54-59, 2007.

MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia. *Indicadores Nacionais de Ciência e Tecnologia (C&T)*. Brasília: MCT, 2006. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/5709.html>>. Acesso em: 19 dez. 2008.

PISANO, G. Pharmaceutical biotechnology. In: STEIL, B.; VICTOR, D.; NELSON, R. (Eds.). *Technological innovation and economic performance*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 2002.

PORTAL DA INOVAÇÃO. Ministério da Ciência e Tecnologia. Disponível em: <www.portaldainovacao.mct.gov.br>. Acesso em: abr. a set. 2007.

REINACH, F. Inovação e risco. *Desafios do Desenvolvimento*, Brasília, Ipea/Pnud, n. 34, ano 4, p. 11-15, 2007.

SILVA, C.; SANT'ANA, P. *Fórum de competitividade de biotecnologia*. Subgrupo: recursos humanos e infra-estrutura. Brasília: MDIC, data não disponível. 6p. Disponível em: <<http://www2.desenvolvimento.gov.br/arquivo/sdp/forCompetitividade/TEREFEGT1-RHINFRA.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2008.

SILVEIRA, J.; BORGES, I. Um panorama da biotecnologia moderna. In: SILVEIRA, J.; POZ, M.; ASSAD, A. (Orgs.). *Biotecnologia e recursos genéticos: desafios e oportunidades para o Brasil*. Campinas: Unicamp, 2004.

STUART, T. E.; OZDEMIR, S. Z.; DING, W. W. Vertical alliance networks: the case of university-biotechnology-pharmaceutical alliance chains. *Research Policy*, v. 36, p. 477-498, 2007.

EDITORIAL

Coordenação

Iranilde Rego

Supervisão

Andrea Bossle de Abreu

Revisão e Editoração

Equipe Editorial

Livraria

SBS – Quadra 1 – Bloco J – Ed. BNDES, Térreo

70076-900 – Brasília – DF

Fone: (61) 3315-5336

Correio eletrônico: livraria@ipea.gov.br

Tiragem: 130 exemplares