

ANÁLISE DOS GRUPOS DE PESQUISA EM BIOTECNOLOGIAS NO BRASIL¹

Marco Aurélio Alves de Mendonça²
Rogério Edivaldo Freitas³

RESUMO: O artigo avaliou os grupos de pesquisa em biotecnologias no Brasil. Utilizaram-se dados públicos disponíveis na Plataforma Lattes e informações de patentes biotecnológicas. A metodologia baseou-se em estatísticas básicas, análises de crescimento e tratamento descritivo-qualitativo. Os principais resultados obtidos apontam, no Brasil, para a concentração de investigações biotecnológicas nas Ciências Agrárias, e da Saúde, sob predomínio das regiões Sudeste e Sul. Detectou-se grande presença de doutores em tais tecnologias, com maior presença das organizações públicas, sobretudo das universidades. Observaram-se também sinais de independência entre as distribuições geográficas da mão de obra e das patentes no segmento, bem como um leque de questões para aprofundamento futuro nesta linha de pesquisa.

Palavras-chave: biotecnologia, capital humano, grupos de pesquisa, análise descritiva.

AN ANALYSIS OF BRAZILIAN BIOTECHNOLOGY RESEARCH GROUPS

ABSTRACT: This article evaluated biotechnology research groups of in Brazil. The Lattes database and biotechnology patent information were employed. The methodology used basic statistics, growth analysis and descriptive-qualitative analysis. Results point out an emphasis on Agrarian and Health investigations, and regional concentration in the Southeast and South regions. Also, the analysis highlights the presence of PhD-employees in such activities and the great importance of public sector institutions, particularly universities. Moreover, some degree of statistical independence was observed between the geographic distribution of this segment's labor force and that of respective biotechnology patents.

Key-words: biotechnology, human capital, research groups, descriptive analysis.

JEL Classification: I21, J24, O15.

¹Registrado no CCTC, REA-26/2009.

²Economista, Doutor, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Brasília, DF, Brasil (e-mail: marco.mendonca@ipea.gov.br).

³Economista, Doutor, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Brasília, DF, Brasil (e-mail: rogerio.freitas@ipea.gov.br).

1 - INTRODUÇÃO

As biotecnologias compreendem um amplo conjunto de tecnologias utilizadas em vários setores da economia para a produção de bens e serviços e possuem em comum o fato de utilizarem organismos vivos ou parte deles, como moléculas ou células (SILVEIRA; BORGES, 2004). Pode também ser conceituada, de forma mais específica, como a utilização de processos celulares e biomoleculares na solução de problemas e na geração de produtos (BIO, 2008 apud DRUMMOND, 2009).

Entendida como uma tecnologia genérica (DODGSON, 2005), a biotecnologia produz efeitos nos mais diversos setores da economia, como na agricultura e pecuária, na silvicultura, na indústria de transformação, na medicina e saúde, e no meio ambiente.

O Brasil detém um acervo diferenciado de biodiversidade e, com 15% do total de dois milhões de espécies já catalogadas, possui um ativo significativo. Contudo, na condição de país emergente, ainda enfrenta dificuldades para dominar tecnologias avançadas, sobretudo na aplicação destes conhecimentos para geração de produtos e processos (FUNDAÇÃO BIOMINAS, 2001; ASSAD; AUCÉLIO, 2004).

É reconhecido o esforço realizado, em especial até os anos da década de 1980, para a de um quadro amplo de engenheiros, físicos e outros profissionais, dentro da estratégia de industrialização e substituição de importações. As constituições da Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (EMBRAPA) e do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) deram-se neste contexto.

Outro exemplo pontual neste quadro é o do Proálcool, em relação à cana de açúcar e seus subprodutos. Hoje, as pesquisas objetivam transformar a cana-de-açúcar em fonte primária de plástico, papel, ração, fertilizantes, tecidos, proteínas, próteses, colágeno, vacinas e plasma sanguíneo (FGV, 2005).

Portanto, o destaque recebido por uma vasta gama de brasileiros envolvidos com as biotecnologias nada tem de sobrenatural; além disso, tal destaque constitui fruto de esforço que vem sendo liderado pelo setor público.

Também, sabe-se que há uma nova geração de biólogos moleculares, em grande parte associada aos esforços da comunidade científica brasi-

leira no Projeto Genoma, de sequenciamento genético da bactéria *Xylella fastidiosa* (REINACH, 2007).

No entanto, este não é o acorde final de um concerto sinfônico e harmonioso. Ainda é preciso priorizar 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 potencialidades de fabricação e comercialização de produtos de origem biotecnológica.

2 - OBJETIVO

Este trabalho objetiva delinear o perfil da mão de obra de pesquisa envolvida com as biotecnologias no Brasil. Ainda que possa ser considerada modesta, esta meta constitui tópico de fundamental interesse para o desenvolvimento de ações e políticas destinadas a incrementar este campo.

O foco do trabalho está em uma acepção ampla das biotecnologias, que inclui as pesquisas ou atividades com reflexos nos segmentos de saúde, agropecuária, meio ambiente, e processamento industrial. Análises específicas sobre a utilização de biotecnologias nestes segmentos podem ser encontradas em: saúde (ACHARYA et al., 2004), transgenia (MOURA; MARIN, 2009), processamento industrial (TRAORE; ROSE, 2003), e meio ambiente (NYS; STEINBERG, 2002).

Além da introdução e do presente tópico, o trabalho está assim estruturado: o item 3 destaca a importância do fator mão de obra em biotecnologias e a seção 4 descreve a metodologia e os dados empregados. O item 5 apresenta os resultados do artigo e a última seção traz as considerações finais.

3 - A MÃO DE OBRA EM BIOTECNOLOGIAS

Para Niosi e Reid (2007) o capital humano, o investimento nele e a eleição de prioridades parecem ser pré-condição para que alguns países tomem vantagem das janelas de oportunidade que se apresentam.

Em particular, os profissionais envolvidos com a produção e a gestão de biotecnologias são menos substituíveis que outros fatores de produção, face à crescente complexidade da inovação em

áreas relacionadas às Ciências da Vida, caracterizando-se uma especificidade para os recursos humanos que trabalham tais tecnologias.

No caso norte-americano, Xia e Buccola (2005) debateram a substituição contínua entre as funções de pesquisa e educação/treinamento nas universidades do país que possuem programas de biotecnologia agrícola ou de Ciências da Vida e concluíram que o fenômeno relaciona-se à própria trajetória de cada instituição, às suas condições de entorno, e a seu *ranking* no sistema universitário dos EUA.

Batalha et al. (2004) discutiram a capacitação e formação de recursos humanos para a moderna biotecnologia no Brasil, ressaltando a importância crescente de uma formação multidisciplinar para os profissionais envolvidos no assunto, diferente do cunho mais tradicional da formação das áreas de Biologia e Ciências da Saúde e 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 dificuldades na obtenção de dados a campo (junto aos líderes de grupos de pesquisa na Plataforma Lattes) do lado da demanda.

Este imperativo de diversificação da formação do profissional da área é acompanhado pela necessidade de criar condições para o surgimento de um complexo de formação científico-tecnológica destinado a cobrir um leque diversificado de ocupações, incluídas as rotinas operacionais do chão de fábrica, os laboratórios de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), e os grupos de pesquisa de fronteira.

Tais desafios podem ser parcialmente transpostos com o aprofundamento das parcerias das universidades e centros de pesquisa junto às empresas, de modo a convergir as demandas das indústrias e os projetos das instituições de pesquisa. As agências de transferência de tecnologia que têm sido organizadas no seio das principais universidades brasileiras são, por certo, ferramentas importantes nessa direção.

4 - DADOS E METODOLOGIA

Os dados utilizados neste trabalho foram

obtidos a partir do Portal Inovação (MCT, 2007), do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) que é alimentado por duas outras fontes: a Plataforma Lattes e o Diretório de Oportunidades. Aqui, foram empregadas somente as informações oriundas da Plataforma Lattes, que reúne informações declaradas pelos próprios pesquisadores.

Segundo Almeida (2005), a história científica do Brasil é indissociável da trajetória do CNPq, criador da Plataforma Lattes. Para ele, a Plataforma Lattes, iniciada em 1999 é parte fundamental no processo de conexão dos diversos centros de pesquisa e é inclusive exportada para outros países.

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 participantes do grupo brasileiro vinculado ao estudo da biotecnologia.

Todavia, dentre 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.

Este parece ser um dos problemas desta fonte de informações, qual seja, o caráter declaratório acrescido do anseio por constar de diretórios e publicações, que podem superestimar a correspondente oferta de pesquisadores.

Destarte, optou-se pela retirada criteriosa de um total de 291 observações da base, permitindo uma visão mais rigorosa acerca dos grupos realmente ligados às atividades biotecnológicas.

Os dados selecionados foram avaliados com base em análises qualitativas. Este tipo de análise baseada em estatística descritiva é parcimonioso, tendo-se em vista as dificuldades de classificação taxonômica das chamadas biotecnologias (OECD, 2007; BEUZEKOM; ARUNDEL, 2006; 2009).

A análise descritivo-qualitativa também já foi empregada em outros estudos como em Batalha, Chaves e Souza Filho (2009), mostrando-se útil ao objeto de análise. Também, por se tratar de tecnologias genéricas (SILVEIRA; BORGES, 2004; DODGSON, 2005), as biotecnologias não são facilmente

agregadas ou reconhecidas em classificações setoriais típicas como a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE), por exemplo. Daí, a limitação no uso de ferramentas de análise que exijam tais enquadramentos setoriais, como análises econométricas ou de *clusters*.

Entretanto, com o objetivo específico de avaliar a conexão entre os depósitos patentários em atividades biotecnológicas e a distribuição da mão de obra de pesquisa em biotecnologias no Brasil, utilizou-se um teste de Qui Quadrado e do Coeficiente de Contingência de Pearson, conforme Levin (1987) e Lima e Magalhães (2002).

Uma das maneiras de avaliar se há ou não um padrão proposital de relação entre duas variáveis é através da medida Qui Quadrado (PEREIRA, 2001). Esta medida incorpora frequências de ocorrência segundo uma dupla classificação e é definida por:

$$X^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(o_i - e_i)^2}{e_i} \quad (1)$$

Na equação precedente o_i é a frequência observada e e_i a frequência esperada, sob a hipótese de independência. Aqui, as variáveis seriam a vigência de mão de obra em biotecnologias sob uma determinada configuração espacial e a distribuição geográfica de patentes biotecnológicas.

Os valores esperados (sob H_0) aplicáveis à fórmula acima seriam dados pelo produto das probabilidades marginais, o que significaria afirmar que a relação geográfica entre as pesquisas em biotecnologias e os respectivos grupos Lattes seria semelhante à relação geográfica entre as pesquisas em biotecnologias e os respectivos depósitos patentários no Brasil.

No espírito deste estudo tal indicador foi adaptado para avaliar a hipótese $H_0: p_{ij} = p_i \cdot p_j$, isto é, a distribuição geográfica dos depósitos de patentes em biotecnologias (p_i) está associada à distribuição geográfica dos grupos de pesquisa em biotecnologias no Brasil segundo os dados da Plataforma Lattes (p_j); contra $H_a: p_{ij} \neq p_i \cdot p_j$, na qual inexistia tal associação entre as duas distribuições.

Além disso, a cada medida de Qui Quadrado é possível calcular o correspondente Coeficiente de Contingência de Pearson. Este Coeficiente ava-

lia a existência de uma alta associação entre duas variáveis a partir da medida de Qui Quadrado. Algebricamente ele é dado por:

$$C = \sqrt{\frac{X^2}{X^2 + n}} \quad (2)$$

Para os referidos cálculos serão usados dados do Portal Inovação, oriundos da base Lattes, coletados entre abril e setembro de 2007, e com informações de 2.426 grupos de pesquisa em biotecnologias de 1932 a 2004.

Quanto aos dados patentários, utilizaram-se informações do INPI, com depósitos patentários realizados entre 1981 e 2006, nas Classificações Internacionais de Patentes (CIP) biotecnológicas, conforme definido em Beuzekom e Arundel (2009).

5 - RESULTADOS: perfil da mão de obra de pesquisa em biotecnologias no Brasil.

Como se pode identificar, a partir da figura 1, as atividades catalogadas de pesquisa em biotecnologias no Brasil foram iniciadas há 78 anos. Observa-se, no entanto, que tais investigações permaneceram pouco conhecidas ou divulgadas até a década de 1970, quando o número de grupos começou a ser incrementado. Apenas vinte anos depois, nos anos 1990, o segmento assistiu a um crescimento substantivo.

O fenômeno associa-se ao próprio desenvolvimento da pesquisa biotecnológica mundial. Antes do desenvolvimento da tecnologia do DNA recombinante, os pesquisadores estavam deveras limitados pela escala e pelo formato dos componentes que eles poderiam sintetizar. Não havia nenhum método disponível que possibilitasse a produção em larga escala. Esta técnica permite cortar e unir quimicamente o DNA e assim transferir genes de uma espécie para outra. Com isso, novos organismos, dotados de atributos antes inexistentes podem ser construídos. Segundo Pisano (2002) o desenvolvimento e a disseminação desta técnica foi um marco para o início da indústria biotecnológica.

Em paralelo, houve o desenvolvimento acelerado de vários ramos das Ciências Biológicas e

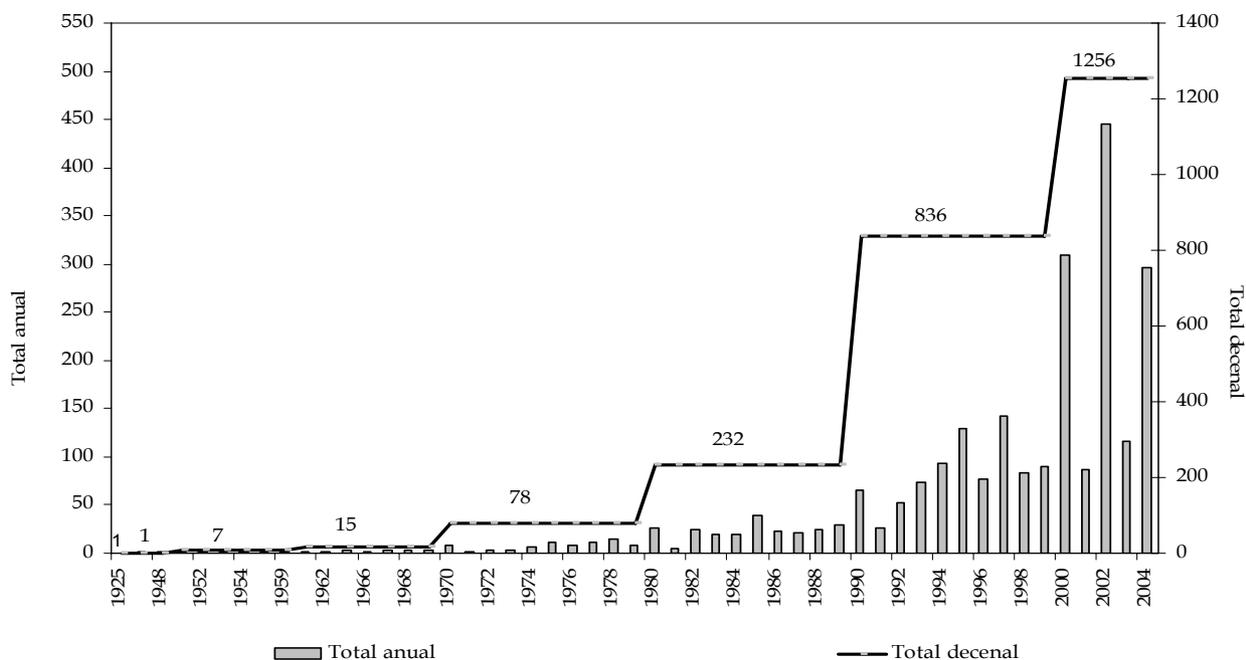


Figura 1 - Ano de Abertura dos Grupos de Pesquisa em Biotecnologia.

Fonte: Dados elaborados pelos autores a partir do Portal Inovação (MCT, 2007).

correlatas em técnicas de manejo de processos em dimensões cada vez mais reduzidas, além de avanços no processo de industrialização e comercialização de descobertas nestes campos. Por conseguinte, observaram-se inúmeros 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).

Em relação ao desenho dos grupos por área de conhecimento (Figura 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.

A própria produção científica brasileira alinha-se com estes resultados. Segundo o MCT (2006), para a média do período de 2002 a 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, animais e plantas, e farmacologia, esses percentuais são, respectivamente, de 2,33%; 2,32%; e 2,10%. Estes percentuais são superiores àquele que sumariza o total das áreas, cujo percentual foi de 1,50%.

Já o cruzamento dos dados que relaciona as

áreas de conhecimento com as grandes regiões brasileiras das quais os grupos de pesquisa são oriundos está reproduzida na figura 3.

É possível observar que a região Norte, a que possui menor parcela do total nacional (5,6%), investe mais em pesquisas relacionadas às Ciências Agrárias e Biológicas, que incluem, respectivamente, 39,3% e 32,8% dos **grupos** voltados para a área de biotecnologia. Além disso, nesta região uma parcela de 9% dos grupos de pesquisa dedica-se às Ciências Exatas e da Terra.

Na região Nordeste do Brasil, que detém participação de 15,6% no total do País, o padrão anterior se mantém, conquanto seja válido destacar a importância relativa das Ciências Exatas e da Terra (12,4%), e Engenharias (9%).

Já na região Centro-Oeste, que responde por 6,6% 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 amostrados, ainda que o padrão geral se mantenha, com 31,6% dos pesquisadores ligados às Ciências Agrárias e 34,1%, às Ciências Biológicas, há

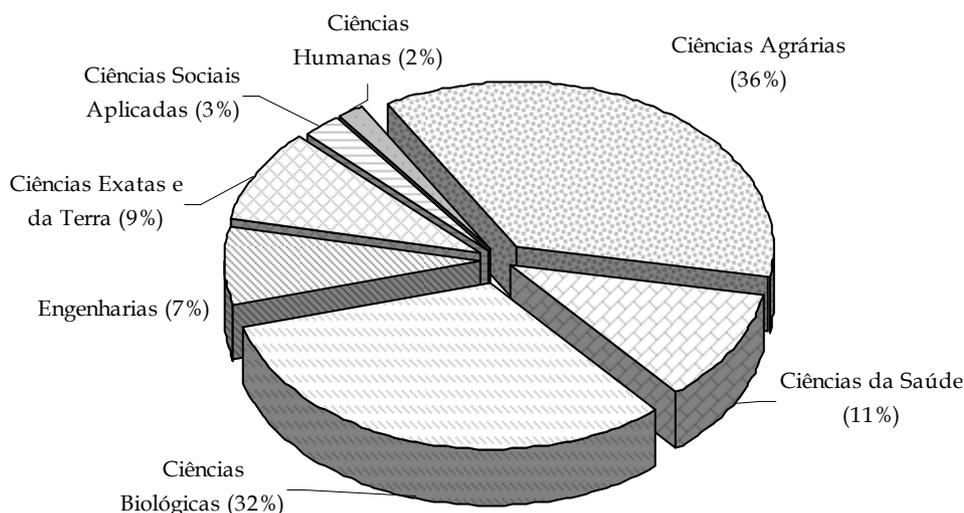


Figura 2 - Distribuição dos Grupos de Pesquisa por Área de Conhecimento.
Fonte: Dados elaborados pelos autores a partir do Portal Inovação (MCT, 2007).

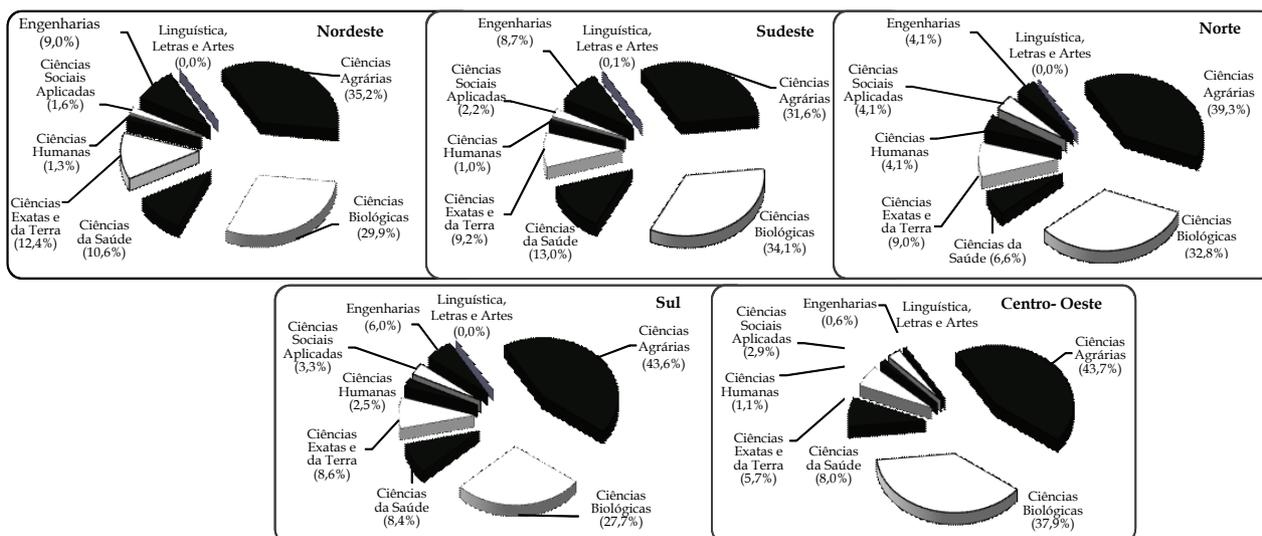


Figura 3 - Distribuição dos Grupos de Pesquisa por Área de Conhecimento, Regiões.
Fonte: Elaborada pelos autores a partir do Portal Inovação (MCT, 2007).

um modelo ligeiramente diferenciado, se comparado às demais regiões, de modo que 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, a região Sul do País, que detém 23,5% dos grupos de pesquisa identificados, concentra um montante de 43,6% e 27,7% dos grupos relacionados, respectivamente, às Ciências Agrárias e

Biológicas. Nesta região do País, há também importante presença das Ciências Exatas e da Terra (8,6%); Ciências da Saúde (8,4%); e Engenharias (6%).

Frente aos dados do País todo, exibidos na figura 2, há que se destacar as elevadas proporções de Ciências Agrárias na região Centro-Oeste, na Norte e na Sul; das Ciências Biológicas na Sudeste, Norte e na Centro-Oeste; das Engenharias na Norte; e das Ciências Exatas e da Terra na Nordeste.

Quando o foco se dá sobre as áreas de titulação dos pesquisadores, os dados indicam a Agronomia como a principal. Além disso, à exceção dos pesquisadores que se enquadrariam no grupo de Direito, as demais áreas de titulação se concentram em Genética, Bioquímica, Medicina Veterinária, Biologia Geral ou Interfaces entre a Química e a Biologia (Tabela 1).

Tabela 1 - Especialistas em Biotecnologia por Área de Titulação, 10 Áreas Líderes

Área de titulação	Pesquisadores (n.)	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
Subtotal	2.824	62,4
Demais áreas	1.704	37,6
Total	4.528	62,5

Fonte: Elaborada pelos autores a partir do Portal Inovação (MCT, 2007).

Outro ponto importante a ser investigado é a distribuição regional da pesquisa, conforme retratado na figura 4.

Em linha com outras avaliações regionalizadas, os dados indicaram um predomínio das regiões mais desenvolvidas do País. As regiões Sul e Sudeste responderam por aproximadamente 72% do total dos grupos. A região Nordeste também apresenta uma participação destacável, contemplando-se 15,6% dos grupos de pesquisa em biotecnologias no Brasil.

Entre as Unidades de Federação (UF), nota-se a liderança do Estado de São Paulo, que respondeu por 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 a ser ressaltada é a do vínculo dos grupos de pesquisa. De acordo com a figura 5, 88% dos grupos pesquisa são mantidos pela esfera

pública, sendo que 57% dos vínculos institucionais identificados referem-se ao Governo Federal, e 46% do total, especificamente às universidades federais. Os estados respondem por 31%, sendo 26% das vinculações institucionais oriundas das universidades.

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

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

Sobre as investigações em biotecnologias no Brasil, estes resultados são parcialmente explicados pelos gargalos regulatórios que limitam sobremaneira a tradução de excelência acadêmica de pesquisa em produtos ou processos disponíveis à sociedade⁴.

A própria formação de redes de cooperação técnico-científicas entre os agentes públicos e privados depende do elemento acima citado, e tende a se tornar condição *sine qua non* para a produção de biotecnologias no século XXI.

A consolidação destas redes de instituições passa por um arcabouço legal socialmente resolvido, o que ainda não é o caso do marco regulatório em biotecnologias no Brasil, conforme se pode depreender das dificuldades de funcionamento da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio).

Sobre a questão da propriedade intelectual, as dificuldades não são inerentes ao caso brasileiro e já constituíram inúmeras barreiras em outros países (INPI, 2007). Igual argumento pode ser encontrado em Evenson (2002), para o caso norte-americano.

Além disso, é preciso ponderar que, no caso de experimentos laboratoriais no campo da biotecnologia,

⁴No Japão e na Alemanha houve processos de rearranjo institucional/regulatório com vistas a corrigir este viés (LEHRER; ASAKAWA, 2004).

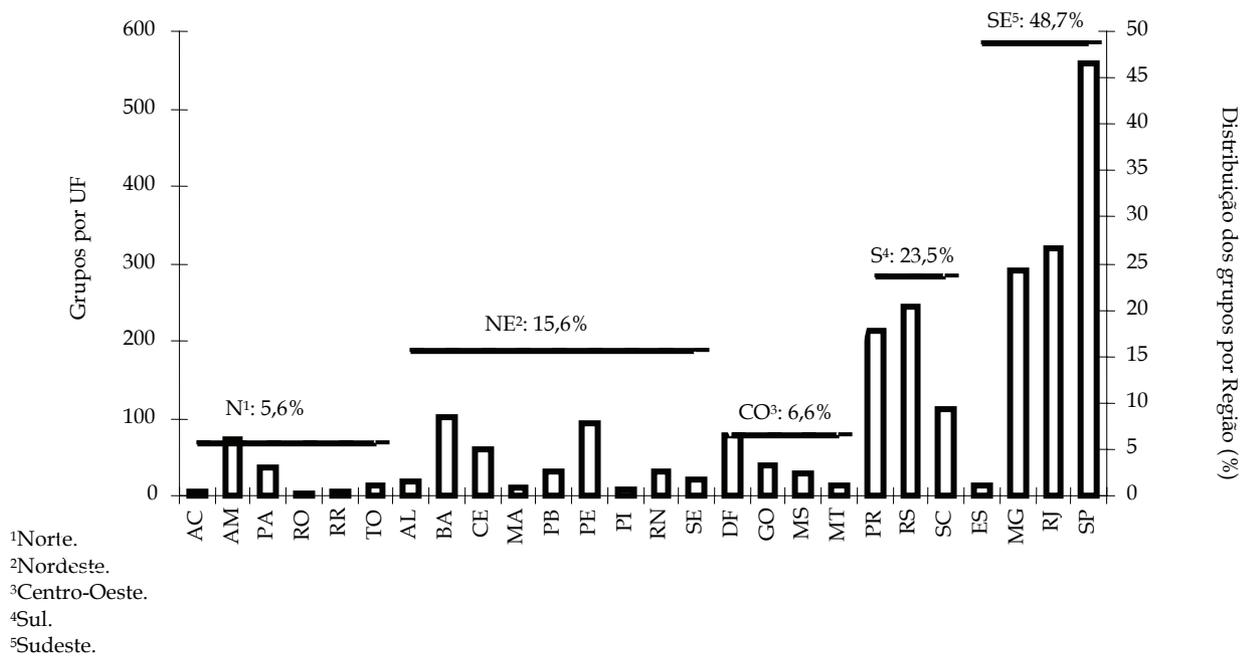


Figura 4 - Distribuição dos Grupos de Pesquisa por Região e Total por Unidade de Federação.
 Fonte: Elaborada pelos autores a partir do Portal Inovação (MCT, 2007).

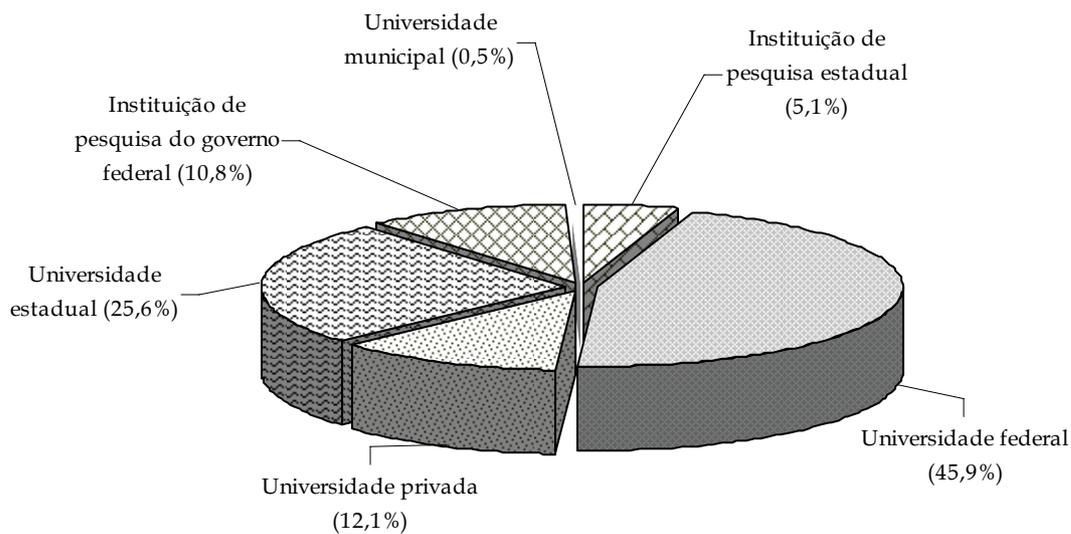


Figura 5 - Vinculação Institucional dos Grupos de Pesquisa.
 Fonte: Elaborada pelos autores a partir do Portal Inovação (MCT, 2007).

logia, os custos e riscos técnicos, econômicos e financeiros envolvidos até a produção, liberação legal, e comercialização de um bem ou processo não são desprezíveis. Como exemplo, a geração de uma nova cultivar agrônômica exige em média 10 anos de pesquisas e atividades correlatas, não sendo improváveis casos com prazos maiores (EMBRAPA, 2007).

Nesta linha, segundo Stuart, Ozdemir e Ding (2007) o desenvolvimento de novas drogas é muito complexo, demanda vários anos de testes e pesquisas. Conforme Drummond (2009), para cada 10.000 candidatos a novos fármacos somente um chega até o mercado.

Com relação ao nível de titulação, os dados indicam que a maior parte dos pesquisadores no campo da biotecnologia possui o doutoramento (82%). Tal resultado é ratificado por trabalhos que fizeram avaliação similar no cenário internacional. Lele (2003), por exemplo, discute a participação de cientistas e pesquisadores acadêmicos no desenvolvimento e geração de biotecnologias.

Os dados da tabela 2 indicam que, do total de doutores envolvidos na pesquisa de biotecnologias, 81% estão dedicados às áreas de conhecimento com maior representatividade na figura 2. Percentual similar também para mestres (82%); e graduados (80%), provavelmente em decorrência da própria estrutura e natureza da hierarquia típica das instituições de pesquisa, sobretudo nas universidades.

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: Elaborada pelos autores a partir do Portal Inovação (MCT, 2007).

A tabela 3 ilustra a distribuição dos titulados com relação ao tipo de vínculo institucional. Ob-

serva-se a forte participação da esfera federal que reúne 60,30% dos doutores; 55% dos mestres; e 50,5% dos graduados.

As instituições estaduais vêm em seguida, com, respectivamente, 31,1%; 25,5%; e 36%. Quanto às estatísticas para as UF, deve-se destacar que as mesmas são fortemente influenciadas pelo Estado de São Paulo, onde se localizam alguns dos principais centros de pesquisas do Brasil (Tabela 3).

Tabela 3 - Distribuição Percentual dos Titulados por Tipo de Vínculo Institucional (em %)

Tipo de vínculo	Doutores	Mestre	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: Elaborada pelos autores a partir do Portal Inovação (MCT, 2007).

A distribuição regional dos titulados também constitui questão relevante, por seu caráter de permanência e reprodução no tempo, o que pode implicar consequências para as próximas gerações de profissionais envolvidos com biotecnologias no País.

Consoante as informações da figura 6, a região Sudeste reúne cerca de metade dos doutores brasileiros; seguida pela região Sul, com 20%. Do total de mestres, 29% estão presentes na região mais desenvolvida do país e igual percentual é abrigado na região meridional. Portanto, a região Sul tende a ter grandes potencialidades neste tipo de mão de obra em decorrência do provável doutoramento dos seus mestres.

Em contraparte, evidencia-se a baixa concentração de titulados nas regiões Norte e Centro-Oeste, justamente aquelas que provavelmente se beneficiariam das pesquisas voltadas, sobretudo, para as Ciências Agrárias, bem como da exploração econômica da biodiversidade regional (biomas Amazônia e Cerrados).

Tais disparidades regionais podem vir a ser

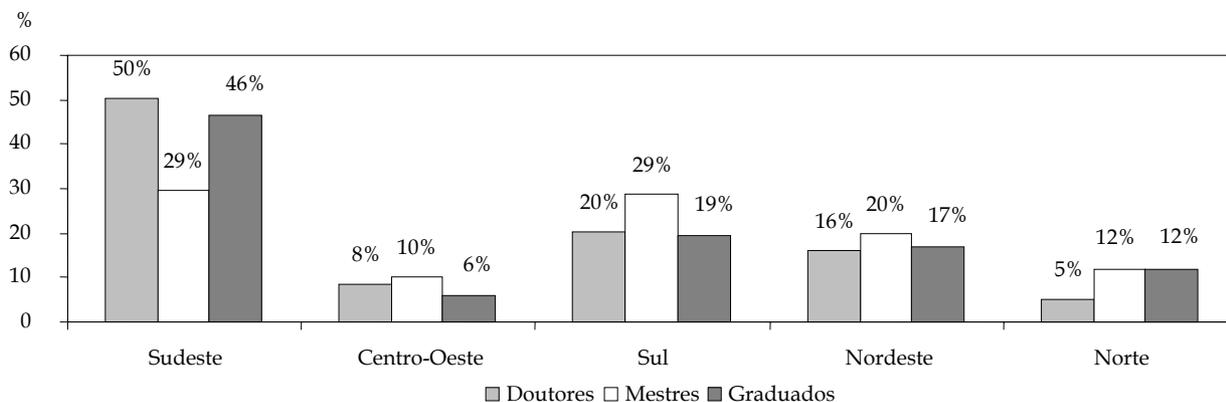


Figura 6 - Percentagem de Titulados por Região.

Fonte: Elaborada pelos autores a partir do Portal Inovação (MCT, 2007).

supridas, em parte, pelos programas de fixação de recém doutores e pelos programas interinstitucionais e inter-regionais que as agências de financiamento à pesquisa têm estimulado.

Por fim, relativamente à aplicação do teste Qui Quadrado às informações dos grupos de pesquisa e das patentes depositadas em biotecnologias no Brasil, caso os depósitos em patentes biotecnológicas apresentassem aderência ao perfil geográfico de pesquisadores atuantes na área, a distribuição geográfica dos respectivos depósitos patentários seria proporcional àquela retratada pelos dados do Portal da Inovação.

Todavia, a análise dos dados mostrou que os 2.335 depósitos patentários analisados não obedecem à distribuição geográfica dos grupos de pesquisa em biotecnologia encontrados na Plataforma Lattes. A tabela 4 mostra a distribuição geográfica (real) de tais depósitos de patentes e com a distribuição esperada caso houvesse linearidade entre as patentes requeridas e a localização dos grupos de pesquisa em biotecnologia entre as Unidades da Federação.

O desvio-padrão de 253,58 da distribuição real dos depósitos de patentes em biotecnologia sugere uma distribuição de pedidos de patentes mais heterogênea entre as Unidades de Federação, comparativamente ao cenário em que a mesma fosse aderente à distribuição geográfica dos grupos de pesquisa em biotecnologias segundo a Plataforma Lattes (desvio-padrão de 126,53).

As maiores discrepâncias relativas entre real e esperado são observadas nas Unidades de Federação do Distrito Federal, Paraná, Santa Catarina, Minas Gerais, e São Paulo. Interessante notar que

13 unidades de federação estão representadas entre os grupos de pesquisa em biotecnologias, mas não estão representadas em termos de depósitos patentários no INPI para as respectivas tecnologias.

Observou-se uma correlação de 85% entre as distribuições real e esperada, o que de certa forma é um *miscellaneous* da relação entre patentes solicitadas e mão de obra em biotecnologias; vale dizer, embora, não possa ser descartada alguma semelhança entre as duas distribuições, é notável que certas unidades de federação apresentem valores real e esperado bastante díspares.

O Coeficiente de Pearson, que em tese varia entre zero e um, resultou 0,99. De outra parte, a estatística de Qui Quadrado foi calculada em 2.227, resultado superior ao valor crítico da distribuição teórica (44,31) com 1% de probabilidade de erro. Isso conduz à rejeição da hipótese nula do teste estatístico.

Noutras palavras, a distribuição geográfica dos depósitos patentários em biotecnologias é própria, autônoma à distribuição geográfica dos grupos de pesquisa em biotecnologias no Brasil, pelo menos para os dados de grupos de pesquisa compreendendo informações de 1932 a 2004.

Não obstante, conforme lembram Bussab e Morettin (1987), por ser a distribuição de Qui Quadrado uma distribuição teórica aproximada e pelo fato de haver muitos valores inferiores a "5" na distribuição observada, é preciso tomar com prudência tais valores.

Segundo Lima e Magalhães (2002), a aproximação para o modelo Qui Quadrado será melhor se todas as frequências esperadas forem ao menos iguais a "5".

Logo, os resultados desse ponto devem ser

Tabela 4 - Distribuições Real e Esperada dos Depósitos em Patentes Biotecnológicas

Unidade da Federação	Grupos Lattes	Depósitos Patentários (real)	Depósitos patentários (esperado)
AC	4	0	4
AM	74	2	71
PA	37	3	36
RO	2	0	2
RR	5	0	5
TO	14	0	13
AL	18	0	17
BA	102	42	98
CE	61	37	59
MA	11	0	11
PB	32	0	31
PE	93	40	90
PI	8	4	8
RN	31	0	30
SE	22	0	21
DF	78	262	75
GO	39	0	38
MS	29	0	28
MT	14	0	13
PR	214	35	206
RS	245	135	236
SC	112	1	108
ES	12	0	12
MG	291	96	280
RJ	320	447	308
SP	558	1.231	537
Total	2.426	2.335	2.335
Desvio padrão		253,58	126,53

Fonte: Elaborada pelos autores a partir do Portal Inovação (MCT, 2007).

lidos como instrumento adicional de avaliação e sempre ser ponderados como um teste estatístico. Sobretudo porque o valor calculado para a estatística do teste foi afetado sobremaneira pelos números do Distrito Federal, Paraná, Santa Catarina, Minas Gerais, e São Paulo.

Uma ressalva adicional atrela-se ao fato de que o resultado do teste pode ser afetado pelo período de informações dos grupos Lattes, significativamente mais amplo que o período de dados de patentes. Ou seja, os dados de mão de obra contemplam muito mais fenômenos em transcurso do

que os dados patentários, estes últimos mais impactados por fenômenos recentes.

Por fim, a própria categorização de códigos patentários está sujeita a condicionantes porque, conquanto tenham sido empregadas as definições oferecidas pela OCDE (BEUZEKOM e ARUNDEL, 2009), há classificações alternativas como a de campos tecnológicos oferecida em WIPO (2010). Por certo, os resultados do teste são sensíveis à classificação de atividades biotecnológicas empregada, ponto que pode ser esmiuçado em futuros estudos.

6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho procurou mapear o perfil do capital humano nacional envolvido em biotecnologias no Brasil.

A expressiva formação de grupos de pesquisa ocorreu nos anos 1990, graças à renovação do interesse pelo tema mundialmente, associado às inovações da biotecnologia moderna. Antes da introdução do DNA recombinante, os pesquisadores viam-se seriamente limitados nas investigações em biotecnologias.

É necessário também compreender este crescimento do número de grupos de pesquisa 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 aqui empregada.

Os dados indicaram que as chamadas Ciências Agrárias são o principal ramo da pesquisa no Brasil, seguidas pelas Ciências Biológicas e da Saúde. Em paralelo, o trabalho detectou que as áreas de titulação dominantes são a Agronomia, a Genética, a Bioquímica, a Medicina Veterinária, e a Biologia Geral. Elas repercutem diretamente sobre as áreas de conhecimento priorizadas pelos grupos de pesquisa em biotecnologias, nas Ciências Agrárias, Ciências Biológicas e Ciências da Saúde.

Observou-se também que a maioria absoluta de doutores e mestres se encontram alocados nas principais áreas do conhecimento já citadas. Estes profissionais estão vinculados principalmente às universidades federais e estaduais.

Sob este aspecto, um elemento ainda em construção é o fortalecimento do sistema setorial de inovação no que se refere às biotecnologias, contemplando-se investigações científicas incorporáveis às atividades de saúde, agropecuária, proteção e remediação ambiental, e de processamento industrial.

Em termos de vinculação institucional, o Governo Federal é o principal agente, sobretudo por conta das universidades, e também em decorrência de seus respectivos institutos de pesquisa. A esfera estadual também possui significativa participação, em especial no caso do Estado de São Paulo.

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%. Há certa simultaneidade

no fato de as regiões mais adiantadas concentrarem maior número de doutores e mestres.

Todavia, é premente dizer que, no Norte e no Nordeste do Brasil, 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.

Igualmente, 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 interregionais das agências de financiamento à pesquisa.

A comparação entre a distribuição geográfica dos grupos de pesquisa em biotecnologias no Brasil e a distribuição geográfica das respectivas patentes sugeriu independência entre a produção patentária e a mão de obra em biotecnologias no espaço brasileiro.

Porém, os resultados do teste estatístico aplicado associam-se fortemente às disparidades encontradas para os Estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Santa Catarina e Distrito Federal, e devem ser ponderados à luz das limitações dos respectivos dados disponíveis.

Um aspecto positivo acerca dos grupos de pesquisa investigados diz respeito à sua concentração nas áreas de Ciências Agrárias, Ciências Biológicas, e Ciências da Saúde, caracterizando-se estoque de mão de obra disponível à geração de solução para questões importantes para o País, como doenças tropicais negligenciadas (pelas grandes corporações farmacêuticas), ou ainda, para temas ambientais no desenvolvimento de biocombustíveis e contenção de resíduos por procedimentos biotecnológicos.

Contudo, como nota negativa, cita-se a distribuição geográfica destes profissionais, bastante concentrada na região Sudeste, em que pesem recursos naturais de potencial econômico até mesmo desconhecido em outras regiões brasileiras como no Centro-Oeste (Cerrados e Pantanal), Nordeste (Caatinga), e Norte (Amazônia).

Futuras investigações podem certamente aprimorar o presente esforço. Outras bases de informações podem ser visitadas como a Relação Anual de Informações Sociais (RAIS). Igualmente, pode-se recorrer a novos critérios de análise dos próprios grupos de pesquisa, como o uso de palavras-chave da área de biotecnologia.

Questões para análise futura constituem-se em possíveis desdobramentos do artigo. Qual a relação entre tempo de vida dos grupos de pesquisa e artigos ou patentes geradas? Quantos grupos permanecem ativos uma década após sua instalação? Qual a comparabilidade dos dados disponíveis no Brasil com relação aos indicadores de mão de obra em biotecnologia que estão sendo discutidos no âmbito da OCDE?

Na mesma linha, é razoavelmente comum que um pesquisador de centros menos estruturados atue como visitante em centros mais desenvolvidos. Até que ponto este fenômeno afeta os resultados? Ou ainda, a probabilidade de patentear depende do fato de já haver patenteador?

As respostas a tais questionamentos certamente teriam inferências sobre decisões de formação de mão de obra para produtos e processos biotecnológicos, tanto nas atividades laboratoriais *stricto sensu* como nas ações de gestão tecnológica das patentes produzidas, bem como acerca de critérios para o estabelecimento de políticas públicas para melhor aproveitar o reconhecido potencial destas tecnologias no Brasil.

LITERATURA CITADA

- ACHARYA, T. et al. Biotechnology to improve health in developing countries - a review. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro: Instituto Oswaldo Cruz, v. 99, n. 4, p. 341-350, jun. 2004.
- ALMEIDA, P. R. Da extração de pau-brasil ao seqüenciamento do genoma: a lenta emergência de uma história das ciências e da tecnologia no Brasil. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, n. 21, p. 301-313, dez. 2005.
- ASSAD, A.; AUCÉLIO, J. Biotecnologia no Brasil: recentes esforços. In: SILVEIRA, J.; POZ, M.; ASSAD, A. **Biotecnologia e recursos genéticos: desafios e oportunidades para o Brasil**. Campinas: Unicamp, 2004.
- BATALHA, M. et al. 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.
- BATALHA, M. O.; CHAVES, G. L. D.; SOUZA FILHO, H. M. C&T e I para a produção agropecuária brasileira: mensurando e qualificando gastos públicos. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 47, n. 1, jan-mar 2009.
- BEUZEKOM, B. V.; ARUNDEL, A. **OECD Biotechnology Statistics 2006**. Paris: OECD Publishing, 2006. 157 p.
- _____; _____. **OECD Biotechnology statistics 2009**. Paris: OECD Publishing, 2009. 103 p.
- BIOTECHNOLOGY INDUSTRY ORGANIZATION - BIO. **BIO 2005-2006 - Guide to Biotechnology**. Washington DC: BIO, 2007. 149 p.
- BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. **Estatística básica**. 4. ed. São Paulo: Atual, 1987. 322 p.
- 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: Editora Unicamp, 2005.
- DRUMMOND, I. C. F. **Avaliação da atividade de patenteamento em biotecnologia no Brasil no período de 1996 a 2007**. 2009. 63p. Dissertação (Mestrado em Genética) - Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.
- EVENSON, R. Agricultural Biotechnology. In: STEIL, B.; VICTOR, D.; NELSON, R. **Technological Innovation and Economic Performance**. Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 2002.
- FUNDAÇÃO BIOMINAS. Parque nacional de empresas de biotecnologia. **Estudos em Biotecnologia**. Programa de Biotecnologia e Recursos Genéticos, MCT/FINEP, 2001. 47p.
- FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS - FGV. **AGROANALYSIS** - a revista de agronegócio da FGV: A explosão da cana: vitória do açúcar na OMC e sucesso do álcool no Brasil e no mundo aceleram os investimentos do setor - 40 novos projetos. São Paulo: FGV, v. 25, n. 5, maio 2005. 42 p.
- INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INDUSTRIAL - INPI. **Estudo comparativo dos critérios de patenteabilidade para invenções biotecnológicas em diferentes países**. Rio de Janeiro: INPI, jul. 2007. 88 p. Disponível em: <<http://www.inpi.gov.br/menu-esquerdo/informacao/pdf-dos-estudos/Estudo%20Comparativo%20dos%20Critériosde%20Patenteabilidadepara%20Invenções%20Biotecnológicas%20em%20Diferentes%20Países.pdf>>. Acesso em: Maio 2010.
- LEHRER, M.; ASAKAWA, K. Rethinking the Public Sector: Idiosyncrasies of Biotechnology Commercialization as Motors of National R&D Reform in Germany and Japan. **Research Policy**, Vol. 33, Issue 6-7, pp. 921-938, Sep. 2004.
- LELE, U. Biotechnology: Opportunities and Challenges for Developing Countries. **American Journal of Agricultural**

- tural Economics, Vol. 85, Issue 5, pp.1119-1125, Nov. 2003.
- LEVIN, J. **Estatística aplicada às ciências humanas**. 2. ed. São Paulo: Harbra, 1987. 392 p.
- LIMA, A. C. P.; MAGALHÃES, M. N. **Noções de probabilidade e estatística**. São Paulo: Edusp, 2002. 392 p.
- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA - MCT. **Indicadores nacionais de Ciência e Tecnologia (C&T)**. Brasília: MCT, 2006. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/740.html?execview=>>. Acesso em: 19 dez. 2008.
- _____. **Portal Inovação**. Disponível em: <<http://www.portalinovacao.mct.gov.br>>. Acesso em: abr. aset. 2007.
- MOURA, L. C. M.; MARIN, J. B. Produção em rede de empresas: o caso da semente de soja transgênica em Goiás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 47., Porto Alegre, 2009. **Anais...** Brasília: SOBER, 2009. CD-ROM.
- NIOSI, J.; REID, S. E. Biotechnology and Nanotechnology: Science-base Enabling Technologies as Windows of Opportunity for LDCs? **World Development**, Vol. 35, Issue 3, pp. 426-438, Mar. 2007.
- NYS, R.; STEINBERG, P. D.; Linking Marine Biology and Biotechnology. **Current Opinion in Biotechnology**, Vol.13, n. 3, pp. 244-248, 2002.
- ORGANIZATION FOR ECONOMIC AND CO-OPERATION DEVELOPMENT - OECD. **The Bioeconomy to 2030: designing a policy agenda**. Paris: OEDC Headquarters, 2007. 322 p.
- PEREIRA, J. C. R. **Análise de dados qualitativos: estratégias metodológicas para as ciências da saúde, humanas e sociais**. São Paulo: Edusp, 2001. 156 p.
- PISANO, G. Pharmaceutical Biotechnology. In: STEIL, B.; VICTOR, D. G.; NELSON, R. R. **Technological innovation and Economic Performance**. New Jersey: Princeton University Press, 2002. 476 p.
- REINACH, F. C.: Fernando Reinach: Inovação e risco. Entrevistadora: Lia Vasconcelos **Desafios do Desenvolvimento**, Brasília: IPEA, v. 4, n. 34, p. 11-15, maio 2007.
- SEMINÁRIO PROPRIEDADE INTELECTUAL E INOVAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO, 2007. Brasília. **Resumos...** Brasília: EMBRAPA, 2007. Disponível em: <<http://www22.sede.embrapa.br/snt/html/propriedadeintelectual/eventos.htm>>. Acesso em: 29 mai. 2007.
- SILVEIRA, J.; BORGES, I. Um panorama da biotecnologia moderna. In: SILVEIRA, J.; POZ, M.; ASSAD, A. **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**, Vol. 36, Issue, 4, pp. 477-498, May 2007.
- TRAORE, N.; ROSE, A. Determinants of biotechnology utilization by the Canadian industry. **Research Policy**, Vol. 32, Issue 10, pp. 1719-1735, Dec. 2003.
- XIA, Y.; BUCCOLA, S. University Life Science Programs and Agricultural Biotechnology. **American Journal of Agricultural Economics**, Vol. 87, Issue 1, pp. 229-243, Feb. 2005.
- WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION - WIPO, 2010. **IPC and Technology Concordance Table**. Disponível em: http://www.wipo.int/export/sites/www/ipstats/en/statistics/patents/xls/ipc_technology.xls Acesso: 24 de out. 2010.

Recebido em 23/08/2009. Liberado para publicação em 22/06/2010.