UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE SOCIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOCIOLOGIA

CARLOS EDUARDO TORRES FREIRE

Biotecnologia no Brasil: uma atividade econômica baseada em empresa, academia e Estado

São Paulo
2014

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE SOCIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOCIOLOGIA

Biotecnologia no Brasil: uma atividade econômica baseada em empresa, academia e Estado

Carlos Eduardo Torres Freire

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sociologia do Departamento de Sociologia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, para a obtenção do título de Doutor em Sociologia.

Orientador: Prof. Dr. Glauco A. T. Arbix

São Paulo

2014

ÍNDICE

Agradecimentos **5**

Resumo **6**

Lista de Siglas **8**

INTRODUÇÃO **13**

CAPÍTULO 1

Estrutura de análise da biotecnologia no Brasil **23**

1.1) Por que a sociologia econômica ajuda a entender a dinâmica da biotecnologia . **23**

1.1.1) A retomada da sociologia na análise da vida econômica **23**

1.1.2) Biotecnologia e a interdependência dos atores..... **25**

1.2) Economia evolucionária: políticas públicas, tecnologia e inovação **31**

1.2.1) Economia e políticas públicas; crescimento e tecnologia **31**

1.2.2) Sistemas de inovação: como abordar um fenômeno complexo **34**

1.3) Hélice tripla: intersecção entre universidade, empresa e governo **38**

1.4) Estrutura de análise para a biotecnologia no Brasil **42**

CAPÍTULO 2

Biotecnologia como atividade econômica: construção do objeto empírico **44**

2.1) Definições de biotecnologia e exemplos de atividades biotecnológicas **44**

2.2) Empresa de biotecnologia ou empresa com atividade biotecnológica? **49**

2.3) Como estimar o universo de empresas com atividade biotecnológica no Brasil **56**

2.4) Técnicas para coleta de informação e descrição das fontes **59**

CAPÍTULO 3

O mercado da biotecnologia no Brasil **64**

3.1) Empresas com atividades biotecnológicas no Brasil: concentração no Estado de São Paulo e áreas de atuação muito diferentes **64**

3.2) Dinâmica do mercado: combinação de empresas jovens, pequenas e criadas por pesquisadores com grandes empresas consolidadas **74**

3.3) Empresas e academia: relacionamento necessário **82**

3.4) Investimentos em P&D e inovação: empresas dependem de recursos públicos . **87**

CAPÍTULO 4

Ciência e biotecnologia em São Paulo: o potencial de produção científica **94**

4.1) Produção científica relacionada à biotecnologia na pós-graduação de SP **95**

4.1.1) Recursos humanos para pesquisa: crescimento no Brasil **96**

4.1.2) Produção científica: aumento em publicações **99**

4.1.3) Metodologia para mensurar potencial de pesquisa em biotecnologia **102**

4.1.4) Ciências agrárias: Agronomia; Medicina Veterinária; Zootecnia **105**

4.1.5) Ciências biológicas: Biologia; Bioquímica, Biofísica, Farmacologia e Farmácia; Genética; Imunologia, Microbiologia e Parasitologia **108**

4.1.6) Ciências da saúde: Medicina e Alimentos **110**

4.1.7) Biotecnologia como área de conhecimento e engenharia biomédica . **112**

4.1.8) Pesquisa em pós-graduação e empresas: semelhanças locacionais? .. **115**

4.2) Interação universidade-empresa: biotecnologia e grupos de pesquisa **118**

4.2.1) Estratégia de análise a partir do diretório de grupos do CNPq **122**

4.2.2) Interação universidade-empresa e grupos de pesquisa do CNPq **125**

CAPÍTULO 5

Estado e biotecnologia no Brasil: políticas públicas e regulação **132**

5.1) Um ambiente mais favorável a C&T e inovação no Brasil nos anos recentes? **133**

5.2) Políticas, programas e ações para biotecnologia no Brasil **140**

5.2.1) Políticas públicas, saúde humana e biotecnologia **143**

5.3) Programas e ações de P&D e inovação para biotecnologia em São Paulo **150**

5.3.1) A Finep e o apoio à inovação nas empresas **151**

5.3.2) PIPE e PITE como estratégia da FAPESP e a biotecnologia **155**

5.3.3) Projetos especiais da FAPESP: Genoma, Bioen e Biota **160**

5.4) Regulação e propriedade intelectual: o impacto na biotecnologia no Brasil **164**

5.4.1) Propriedade intelectual e patentes em biotecnologia **166**

5.4.2) Biossegurança, agricultura e regulamentações complementares..... **170**

5.4.3) Biodiversidade e o Conselho de Gestão do Patrimônio Genético **173**

5.4.4) Saúde e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) **176**

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Questões para desenvolvimento de uma atividade econômica dependente da articulação entre Estado, academia e empresa **179**

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS **189**

Agradecimentos

Gostaria de agradecer primeiramente às agências financiadoras que me concederam condições materiais para essa pesquisa: o CNPq, pela bolsa de pesquisa, e a Capes, pelos recursos para o estágio de doutorado nos EUA.

Desde já, muito obrigado aos membros da banca pela disposição em participar da defesa da tese. A Mario Salerno e Fernando Perez, que também participaram do exame de qualificação e contribuíram com sugestões muito importantes para a pesquisa naquele momento. A Nadya Guimarães, também pela leitura cuidadosa do relatório para prorrogação de prazo de entrega da tese e por todo o aprendizado que me proporcionou nos cursos no departamento de sociologia durante minha trajetória acadêmica na USP. E a Denise Golgher, que me deu uma aula introdutória sobre biotecnologia quatro anos atrás e que continuou me ensinando sobre o tema nos ricos diálogos travados ao longo de nossas parcerias em artigos.

Agradeço aos amigos do Cebrap e que passaram por lá: Victor e os muito dados que rodamos juntos; Carolina, companheira de turma do doutorado pelas boas ideias de sempre; Maurício, pela leitura da introdução e pela sabedoria de ter passado por esse processo; Márcia, pela gentileza da leitura de versão preliminar da tese e seus ótimos comentários; Any e Rafael, pela parceria nos estudos sobre biotecnologia no início dessa trajetória; e Graziela, exemplo do que é ser pesquisadora e turbilhão de ideias interessantes.

Obrigado também a André, pelos mapas, e a Otacílio pela revisão final do texto.

Não poderia deixar de mencionar Eduardo, parceiro em projetos de biotecnologia, pelo prazer da troca de ideias, sempre novas, criativas e desafiadoras.

Da experiência acadêmica em Nova York: Scott Martin, que me recebeu na Columbia University com muita simpatia e me ajudou com ideias certeiras nas conversas que tivemos; a Marcos Troyjo, pelo diálogo sobre os BRICs; e a Luciana, Guga, Camila, Fernando e Marcio, amigos que lá encontrei e reencontrei.

Muito obrigado ao Glauco por aceitar a orientação e por me dar a honra do diálogo com alguém que consegue de forma brilhante unir erudição e capacidade intelectual à prática política na vida pública. Estou certo de que é uma inspiração não apenas para mim como para uma geração de pesquisadores que trabalham para um país melhor.

Pelo apoio de sempre, obrigado a Cristiane e a toda minha família: as irmãs Ana e Regina e meu irmão Vinicius. Dedico esse trabalho ao meu pai, Benício, que nos deixou no meio desse percurso, e à minha mãe Zélia, cuja serenidade e força continuam sendo inspiradoras para todos os desafios da vida.

Resumo

Essa pesquisa demonstra que a biotecnologia é uma atividade econômica essencialmente baseada na interdependência de atores das esferas mercado, ciência e Estado. A empresa privada depende do conhecimento da academia e de financiamento para inovação e regulação do Estado para produzir bens e serviços. Universidades e institutos fazem pesquisa utilizando recursos públicos e privados. E governos, agências e comitês formulam políticas de CT&I e respondem pela estrutura de regulação, atividade que precisam estar afinadas com empresas e academia para que sejam efetivas. Compreender a biotecnologia passa pelo entendimento desse complexo de interdependências, por isso as três esferas são utilizadas como recurso analítico nessa tese. O segundo aspecto importante da pesquisa é que seria inapropriado falar em um "setor de biotecnologia". São atividades biotecnológicas com aplicações em diferentes áreas da economia (setor privado em saúde, bioenergia e agricultura), que provêm de diferentes áreas de conhecimento (agronomia, ciências biológicas e da saúde) e que precisam de políticas públicas específicas (para medicamentos, biocombustíveis e alimentos), e não genéricas (como "políticas para biotecnologia"). Condição para discutir esses dois aspectos é construir a biotecnologia como um objeto empírico de pesquisa, organizando informações sobre ele com métodos e técnicas consistentes e fornecendo uma base estatística inteligível no debate público, algo que não acontece atualmente no Brasil. Para tanto essa pesquisa: a) define o conjunto de empresas com atividades biotecnológicas no Brasil e apresenta suas características; b) seleciona áreas de conhecimento relacionadas à biotecnologia e dimensiona seu potencial de produção científica; c) organiza informações sobre políticas públicas e regulação voltadas a biotecnologia no país para entender as estratégias que impactam essa atividade econômica.

Palavras-chave: biotecnologia; inovação; ciência e tecnologia; políticas públicas; Brasil

Abstract

This thesis shows how biotechnology is essentially a business based on market, science and State. In order to produce goods and services, private firms depend on knowledge from academia and funding for innovation and regulation rules from the government. Universities and research institutes rely on public and private funding for research. And governments, agencies and public committees are responsible for policy-making in STI and for the regulation framework that directly impact companies and academia. Understanding biotechnology requires therefore an understanding of this relational complex of interdependencies – the reason why the three spheres are used as an analytical framework in this thesis. The second topic to be highlighted is that it would be inappropriate to use the notion of a "biotechnology industry". We argue that biotechnology is based upon activities with applications in different economic industries (health, agriculture and bioenergy), is supported by several scientific areas of knowledge (agronomy, biological and health sciences) and needs specific STI and industrial policies (for medicines, food and biofuels, e.g.) rather than general ones (such as a "biotech policy"). In order to deal with these two topics, we must design biotechnology as an empirical and well-defined research object to build up a consistent statistical basis about biotech – something that currently is missing in the Brazilian public debate. This task includes: a) defining the set of firms with biotech activities in Brazil and presenting its features; b) selecting areas of knowledge related to biotechnology and measuring its scientific research potential; c) organizing information about public policies and regulation issues on biotechnology in Brazil in order to understand how they impact on the biotech business.

Key words: biotechnology; innovation; science and technology; public policy; Brazil

Lista de Siglas

ABBI	Associação Brasileira Biotecnologia Industrial
ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
Abifina	Associação Brasileira das Indústrias de Química Fina, Biotecnologia e especialidades
ABIHPEC	Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos
Abrabi	Associação Brasileira de Empresas de Biotecnologia
AgroBio	Associação de Empresas de Biotecnologia na Agricultura e Agroindústria
Ambiotec	Associação Mineira de Empresas de Biotecnologia e Ciências da Vida
Anvisa	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
BIO	Biotechnology Industry Organization
BIO-RIO	Polo de Biotecnologia do Rio de Janeiro
Biominas	Biominas Brasil
Bionorte	Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal
Biotechno	Laboratório Nacional de Engenharia Biológica
BiotecSur	Plataforma de Biotecnologias do Mercosul
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BPF	Boas Práticas de Fabricação
BPL	Boas Práticas de Laboratório
BrBiotec	Associação Brasileira de Biotecnologia
C&T	Ciência e Tecnologia
Capes	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CCT	Comissão de Ciência, Tecnologia, Inovação, Comunicação e Informática do Senado
CCJ	Comissão de Constituição, Justiça e Cidadania do Senado,
CDB	Convenção sobre Diversidade Biológica da ONU
CDT/UnB	Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Universidade de Brasília
Cebrap	Centro Brasileiro de Análise e Planejamento
CEIS	Complexo Econômico Industrial da Saúde
Cenpes	Centro de Pesquisas Leopoldo Américo Miguez de Mello (Petrobrás)
Centev	Incubadora de Empresas de Base Tecnológica (Universidade Federal de Viçosa)
CEP-CONEP	Comitê de Ética em Pesquisa / Comissão Nacional de Ética em Pesquisa
Cepid	Centro de Pesquisa, Inovação e Difusão

Cetene	Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste
CGEE	Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
CGEN	Conselho de Gestão do Patrimônio Genético
Cietec	Centro de Inovação, Empreendedorismo e Tecnologia
CIS	Complexo Industrial da Saúde
CNAE	Classificação Nacional de Atividades Econômicas
CNB	Comitê Nacional de Biotecnologia
CNBS	Conselho Nacional de Bioessegurança
CNPJ	Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CNRS	CNRS Centro Nacional da Pesquisa Científica (França)
CIDE	Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico
Combio	Comitê da Cadeia Produtiva de Biotecnologia da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP
Conep	Conep Comissão Nacional de Ética em Pesquisa
CPqD	Centro de Pesquisa e Desenvolvimento (Telebrás)
CRB-BR	Rede Brasileira de Centros de Recursos Biológicos
CRO	Contract Research Office
CTA	Centro Técnico Aeroespacial (Embraer)
CTBE	Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol
CTC	Centro de Tecnologia Canavieira
CTNBio	Comissão Técnica Nacional de Biossegurança
CT&I	Ciência, Tecnologia e Inovação
CURB	Contrato de Utilização do Patrimônio Genético e de Repartição de Benefícios
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMBRAPII	Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial
Enconit–Biotec	Encontro Nacional de Inovação Tecnológica em Biotecnologia
ENCTI	Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação
EPO	Europen Patent Office
ESALQ	Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz
EUA	Estados Unidos da América
EY	Ernest & Young
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FAPs	Fundações de Apoio à Pesquisa
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
FDA	Food and Drugs Administration
Finep	Financiadora de Estudos e Projetos
Fiocruz	Fundação Oswaldo Cruz
FNDCT	Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
GECIS	Grupo Executivo do Complexo Industrial da Saúde

IAC	Instituto Agronômico de Campinas
Ibama	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
INBEQMeDI	Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Biotecnologia Estrutural e Química Medicinal em Doenças Infecciosas
INCAMP	Incubadora de Empresas de Base Tecnológica da Universidade Estadual de Campinas
IPHAN	IPHAN Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
ITA	Instituto Tecnológico de Aeronáutica
GECIS	Grupo Executivo do Complexo Industrial da Saúde
Genoprot	Rede Integrada de Estudos Genômicos e Proteômicos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IES	Instituições de ensino superior
INCT	Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia
INPI	Instituto Nacional da Propriedade Industrial
IPEN	Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
IR	Imposto sobre a renda
ISIC	International Standard Industrial Classification
Labinfo	Laboratório de Bioinformática
LaCTAD	Laboratório Central de Tecnologias de Alto Desempenho
LNBio	Laboratório Nacional de Biociências
LNCC	Laboratório Nacional de Computação Científica
LNLS	Laboratório Nacional de Luz Síncroton
LNNano	Laboratório Nacional de Nanotecnologia
LPC	Lei de Proteção de Cultivares
LPI	Lei de Propriedade Industrial
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MMA	Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal
MS	Ministério da Saúde
NFBs	Novas firmas biotecnológicas
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OGM	Organismo Geneticamente Modificado
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento

PACTI	Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação
PADCT	Programa de Apoio ao Desenvolvimento da Ciência e Tecnologia
PADETEC	Parque de Desenvolvimento Tecnológico da Universidade Federal do Ceará
PAISS	Plano Conjunto BNDES-Finep de Apoio à Inovação Tecnológica Industrial dos Setores Sucroenergético e Sucroquímico
PAPP	Programa de Apoio à Pesquisa em Micro e Pequenas Empresas
PBM	Plano Brasil Maior
PBRG-G	Programa de Biotecnologia e Recursos Genéticos e Genoma
PCT	Patent Cooperation Treaty
PD&I	Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação
PDB	Política de Desenvolvimento da Biotecnologia
PDP	Política de Desenvolvimento Produtivo
PIDE	Programa Integrado de Doenças Endêmicas
Pige	Programa Integrado em Genética
PIPE	Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas
PITCE	Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior
PITE	Programa de Apoio à Pesquisa em Parceria para Inovação Tecnológica
Prime	Primeira Empresa Inovadora
Profarma	Programa de Apoio ao Desenvolvimento da Cadeia Produtiva Farmacêutica
PwC	PricewaterhouseCoopers
RDC	RDC Resolução da Diretoria Colegiada (Anvisa)
Renama	Rede Nacional de Métodos Alternativos
Renorbio	Rede Nordeste de Biotecnologia
RHAE	Recursos Humanos em Áreas Estratégicas
SBIR	Small Business Innovative Research
SBPC	Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência
SIR	SCImago Institutions Ranking
SNPC	Serviço Nacional de Proteção de Cultivares
SUS	Sistema Único de Saúde
TECNOPUC	Parque tecnológico da PUC Rio Grande do Sul
TRIPS	Trade Related Aspects of Intellectual Property
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFSCar	Universidade Federal de São Carlos
UNICA	União da Indústria de Cana-de-Açúcar
Unicamp	Universidade Estadual de Campinas

Unifesp	Universidade Federal de São Paulo
Unitecne	Incubadora de Tecnologia e Negócios da Uniube
USP	Universidade de São Paulo
USPTO	US Patent and Trademark Office

Introdução

A biotecnologia é muito importante para lidar com o desafio de desenvolver três grandes áreas no século XXI em todo o mundo: alimentos, saúde e energia. A partir de técnicas biotecnológicas, é possível desenvolver terapias na área de saúde, minimizar problemas na produção de alimentos e criar alternativas à utilização de combustíveis fósseis.

De fato, a biotecnologia pode ser considerada o resultado de uma revolução científica que passa por várias disciplinas. Em outras palavras, é uma "constelação de revoluções científicas" (PISANO, 2006: 11), que se fundamenta em diferentes áreas de conhecimento, como biologia molecular, bioquímica, ciência da computação, biofísica, engenharias e diferentes especialidades da medicina. Estão envolvidas disciplinas distintas, as quais iluminam diferentes peças do quebra-cabeça da biotecnologia.

A biotecnologia moderna, portanto, não pode ser vista como uma unidade, algo homogêneo. É, na verdade, transversal e heterogênea, pois utiliza tecnologias e conhecimentos de diferentes áreas de conhecimento, cada qual com seu campo de aplicação. Podemos citar, por exemplo, avanços na engenharia genética com reverberações tanto na produção de alimentos e no manejo da agricultura como nos caminhos para lidar com doenças. Ou processos físico-químicos e a produção de biofármacos, enzimas e vacinas que levam a terapias e melhorias nunca imaginadas na saúde. E, na área de energia, os biocombustíveis, como o etanol de segunda geração, que ganham espaço com o problema do aquecimento global e a necessidade de desenvolver fontes de energia renováveis que diminuam a dependência do petróleo e reduzam a emissão de gases de efeito estufa.

Se, por um lado, a biotecnologia é chamada de "setor portador de futuro" ou de "uma cadeia com potencial de crescimento", expressões frequentemente presentes em documentos de políticas (MCTI, 2010) e no debate público, por outro, a biotecnologia como atividade econômica é carregada de indefinições.

Nesse sentido, dois aspectos se destacam. O primeiro deles é que uma atividade econômica desse tipo, de alta intensidade tecnológica, não se desenvolve sem a articulação entre setor privado, governos/agentes públicos e academia. O segundo é que é necessário repensar a própria visão de biotecnologia como um "setor"

– ou melhor, discutir o que se entende por biotecnologia. Esta tese de doutorado se propõe a tratar desses dois aspectos.

Em relação ao **primeiro**, como mostraremos ao longo deste trabalho, há uma **articulação de atores das esferas mercado, ciência e Estado na biotecnologia.** Tais esferas são utilizadas aqui como recurso analítico para evidenciar as **fortes interdependências entre empresas, academia e agentes públicos para o desenvolvimento da biotecnologia**. Trata-se de uma atividade econômica (mas não um setor) baseada nesses três conjuntos de atores dessas esferas[1]. Na esfera do mercado são realizados os negócios e o ator principal é a empresa privada. Na esfera da ciência é onde se faz primordialmente pesquisa básica, e os atores principais são universidades, institutos e laboratórios – genericamente, a academia. E na esfera do Estado são formuladas as políticas públicas e as estruturas de regulação, com participação direta de diferentes agentes públicos – governos, agências, conselhos e comitês.

É importante mencionar que nossa pesquisa se posiciona em um debate mais amplo sobre desenvolvimento baseado em atividades econômicas intensivas em ciência, tecnologia e inovação. Tomamos como pressuposto que processos de desenvolvimento que lograram avanços em cadeias produtivas de mais alta intensidade tecnológica contemplam a indução do Estado combinada a participações mais ou menos ativas do setor privado e da academia, de acordo com a peculiaridade de cada caso. Em diversos momentos da história, seja há mais tempo nos países desenvolvidos, como EUA e Alemanha, ou mais recentemente naqueles em desenvolvimento, como Coreia do Sul, China e Índia, há arranjos institucionais e de políticas públicas (tanto industriais como de ciência, tecnologia e inovação) construídos com a articulação de governos, setor privado e academia, especialmente quando se trata de atividades de maior intensidade em tecnologia e conhecimento (AMSDEN, 2009; WADE, 1990; EVANS, 2004; JOHNSON, 1995; NELSON, 2006; MAZZUCATO, 2011). Trata-se aqui de um posicionamento oposto ao entendimento de que a atuação do Estado em processos de desenvolvimento econômico se limita à correção de "falhas de mercado", mais comum na economia ortodoxa (MAZZUCATO, 2011; CIMOLI et al., 2009).

[1] Como será explicado no capítulo 1, essa construção analítica tem inspiração nas ideias de "hélice

De modo a delinear o problema de pesquisa tal como é abordado nesta tese de doutorado, vale já adiantar o que seriam essas três esferas no caso da biotecnologia. Na esfera do mercado, os bens e serviços são produzidos primordialmente pela empresa privada em articulação direta com os outros atores nas esferas da ciência (universidades, institutos de pesquisa, laboratórios) e do Estado (governos, bancos e agências de fomento e de regulação). Além das empresas, há as incubadoras, que são palcos centrais para o nascimento de firmas, como veremos ao longo da tese. Para as pequenas e médias empresas, o Estado funciona ainda como investidor tomador de risco. Já as grandes também utilizam os recursos públicos, mas minimizam os riscos com a intensidade de capital, o comando em redes de aprendizado e a defesa da propriedade intelectual, demandando da esfera estatal uma estrutura regulatória consistente, especialmente aquelas sobre patentes e autorizações de comercialização de produtos e de pesquisa. Ou seja, um produto com base em atividade biotecnológica chega à comercialização após investimento de risco (público ou privado), pesquisa (principalmente na academia, mas também nas empresas) e autorização de órgãos reguladores (como no caso de organismos geneticamente modificados ou medicamentos).

A esfera da ciência também é fundamental para a biotecnologia. Para Pisano (2006), autor de um dos trabalhos mais importantes sobre o tema nos últimos dez anos, trata-se de um "negócio baseado em ciência". Nesta tese, argumentamos que, mais do que em ciência, esse "negócio" se baseia na interdependência dos atores das três esferas mencionadas. De fato, a biotecnologia como atividade econômica depende diretamente de conhecimento novo produzido em universidades, institutos de pesquisa e laboratórios – no Brasil, essencialmente públicos –, ou, pelo menos, de linhas pesquisa que nascem na esfera da ciência e depois migram para o mercado em pesquisas nas empresas. Como consequência disso, ao descermos um degrau no nível de análise de nosso objeto de pesquisa, há necessidade de trabalho em rede para produção e transferência desse conhecimento específico e, ao mesmo tempo, difuso. É preciso considerar na análise que poucos atores (sejam pesquisadores individualmente ou em grupos de laboratórios e institutos de pesquisa) sabem muito de pequenas partes de um mesmo processo, o que torna necessário formar arranjos relacionais complexos. Isso quer dizer que as densas pesquisas dos atores na esfera da ciência para, por exemplo, encontrar uma nova enzima específica para "quebrar" a celulose na produção de etanol de segunda geração são apenas uma pequena parte de um

processo longo, que envolve a liderança dos empresários do setor sucroalcooleiro, a formação de recursos humanos, os investimentos públicos para pesquisa e ações de governos para estimular o setor.

No que se refere à esfera do Estado, a biotecnologia como atividade econômica é altamente sensível às suas diretrizes, decisões e recursos. No caso dos recursos públicos ela depende: diretamente, de financiamentos para investimento de alto risco (no Brasil ainda mais que em outros países), como crédito, financiamentos não reembolsáveis (subvenções) e isenções fiscais – principalmente na esfera do mercado; e, indiretamente, de recursos humanos e de pesquisa públicos em universidades, instituições e laboratórios de pesquisa – na esfera da ciência. Além disso, a estrutura regulatória (como o acesso à biodiversidade ou a liberação de medicamentos e cultivares) e o sistema de propriedade intelectual são aspectos cruciais para as empresas que dependem diretamente de agências e conselhos dotados de responsabilidade para regulação e autorização de atividades relacionadas à biotecnologia – como a Anvisa, em medicamentos, o CGEN, em biodiversidade e patrimônio genético, e a CTNBio, em organismos geneticamente modificados.

A **hipótese central desta pesquisa**, portanto, é que a **biotecnologia como atividade econômica é essencialmente baseada na articulação dos atores principais dessas três esferas: mercado, ciência e Estado.** Isso porque se trata de uma atividade em que a empresa depende: da pesquisa acadêmica (no Brasil, especialmente pública); e das políticas públicas de CT&I, principalmente dos recursos financeiros do Estado (no Brasil ainda mais, já que o mercado de capital de risco é incipiente e instituições como Finep, BNDES e agências estaduais de fomento, como Fapesp e Fapemig, acabam desempenhando tal papel).

Essa articulação dos atores das esferas mercado, ciência e Estado nos fornece indícios de como **é difícil falar em "setor de biotecnologia"**. Há atividades biotecnológicas em áreas como saúde humana e animal, agricultura, energia e meio ambiente. Sem aprofundar a discussão sobre classificação setorial, tomemos apenas alguns setores da economia para ilustrar. O setor automobilístico, por exemplo, que tem um claro produto final – o veículo. É possível imaginar algo assim na biotecnologia? Se pensarmos em bens intermediários, seria possível comparar o setor de máquinas e equipamentos com biotecnologia, no sentido de insumos intermediários para a produção de um bem em outros setores? Ou, então, fazer a comparação no âmbito dos serviços, e não da indústria: o setor de tecnologia da informação também

tem atuação transversal, como um serviço para diversos setores, mas o fundamento básico da ciência da computação fornece alguma unidade ao que é ofertado no mercado. As diferentes técnicas biotecnológicas, como bioprocessamento, cultura de células, DNA recombinante, dariam consistência a uma unidade desse tipo?

A biotecnologia, na verdade, pode ser vista como uma coleção de tecnologias que podem ser aplicadas em diferentes áreas da vida social e econômica – saúde humana e animal, agricultura, energia e variados processos industriais. Mas, quando se parte para a análise da biotecnologia como negócio, a diversidade se torna um problema. Não há um setor de biotecnologia na classificação de atividade econômica, por exemplo. Ou mesmo subsetores que possam ser selecionados das bases estatísticas para compor uma análise da biotecnologia. As empresas com atividades biotecnológicas estão espalhadas em diversos setores de atividade econômica. Um exercício de busca do CNPJ de empresas com aplicações biotecnológicas no Brasil e da sua classificação de atividade econômica registrada oficialmente (a chamada CNAE) mostra uma variedade setorial significativa, que passa por agricultura, indústria, comércio e serviços, tais como: criação de animais; fabricação de produtos farmacêuticos, de produtos alimentícios, de máquinas e equipamentos, de medicamentos para uso veterinário; comércio de medicamentos; pesquisa e desenvolvimento. Constata-se que não há consenso nos sistemas nacionais de estatística dos países sobre o que compõe o setor de biotecnologia com base nas classificações de atividade econômica (ISIC, internacionalmente, ou CNAE, no Brasil). Por isso mesmo, o debate público sobre a biotecnologia como um setor de atividade econômica é confuso. São utilizadas diversas definições e realizadas comparações, por vezes descabidas, justamente em razão de definições diferentes.

A biotecnologia não se caracteriza, portanto, pela produção de um bem, um produto intermediário ou um serviço, mas sim por um conjunto de técnicas de manipulação de organismos vivos que podem resultar em produtos de diferentes setores (medicamento biológico ou semente geneticamente modificada), que podem servir de processo intermediário para a produção de outros bens (enzimas para etanol de segunda geração) ou mesmo um serviço (microrganismos para biorremediação).

Isso nos leva à **hipótese secundária desta tese: a biotecnologia é uma atividade econômica, mas não um "setor"**. Mais apropriado seria falar em atividades biotecnológicas com aplicações em diferentes áreas da economia (setor privado em saúde, bioenergia e agricultura etc.), que provêm de diferentes áreas de

conhecimento (biologia molecular, medicina, agronomia etc.) e que devem contar com diretrizes de políticas públicas específicas (saúde, energia, agricultura), e não genéricas (como "políticas para biotecnologia"). Ou seja, seria inapropriado falar em um "setor de biotecnologia", pois juntar diferentes setores, áreas de conhecimento e estratégias de política acaba mais por confundir do que ajudar no entendimento do fenômeno socioeconômico. Algumas das consequências disso seriam as diversas dificuldades para o desenvolvimento da biotecnologia como atividade econômica: ineficiência nas políticas de incentivo à inovação (ações genéricas para um possível "setor de biotecnologia" atingem o alvo ou acabam fornecendo recursos para empresas que não desenvolvem atividades biotecnológicas?); recursos limitados para linhas de pesquisas de fronteira em biotecnologia em áreas de conhecimento como genética, microbiologia, agronomia (em que medida temas que estão, de fato, na fronteira tecnológica são apoiados?); desarticulação associativa do setor privado (o que une as empresas com atividades biotecnológicas? Por exemplo, o setor farmacêutico tem algo a trabalhar em conjunto com as empresas do setor sucroalcooleiro?).

Sendo assim, a **presente tese tem dois objetivos principais**. O primeiro é demonstrar a **importância das três esferas que compõem a biotecnologia no Brasil** e apresentar a articulação de seus atores principais. Condição para atingir esse primeiro objetivo, o segundo é **construir a biotecnologia como um objeto empírico de pesquisa**, organizando informações sobre ele com técnicas metodológicas consistentes. Isso significa: a) definir o conjunto de empresas com atividades biotecnológicas e apresentar suas características; b) selecionar o que seriam áreas de conhecimento científico relacionadas à biotecnologia, que fundamentam sua produção científica, e dimensionar seu potencial no Brasil; c) organizar informações sobre políticas públicas e regulação voltadas a biotecnologia no país para entender as estratégias e decisões que têm impacto nessa atividade econômica.

Para dar conta desses dois objetivos, é necessário enfrentar o desafio metodológico de construir a biotecnologia como um objeto de pesquisa claro e que seja inteligível no debate público entre empresários, pesquisadores, formuladores de políticas da área, de modo a contribuir para que o próprio debate se assente em termos comuns. Isso não acontece atualmente no Brasil, uma vez que parece não estar claro o que é realmente biotecnologia como atividade econômica. É necessário ter como guia as seguintes perguntas: O que seria uma empresa de biotecnologia, ou melhor, uma

empresa com atividade biotecnológica? Quem produz conhecimento em biotecnologia? Como mensurar empresas e atividades acadêmicas na área de biotecnologia? Quais políticas públicas existem para biotecnologia no Brasil? Ou seja, para analisar a biotecnologia e discutir como desenvolver essa atividade econômica no Brasil é necessário, antes de tudo, deixar claro o seguinte: sobre o que estamos falando?

De modo a concretizar os dois objetivos anunciados e trabalhar as duas hipóteses levantadas, a abordagem analítica do objeto de pesquisa deste trabalho tem dois níveis. Um deles é uma análise de nível macro, que considera as três esferas aqui entendidas como essenciais para a biotecnologia como atividade econômica: mercado, ciência e Estado – o que permite observar como o sistema funciona, nos termos neo-schumpeterianos, ou como as hélices operam, nos termos da abordagem da *triple helix*. O outro seria um nível *meso* de análise, ou intermediário, que busca desvendar a estrutura relacional dos diferentes atores envolvidos na articulação das três esferas, ou seja, as grandes e pequenas empresas, os investidores de risco, os governos, as agências reguladoras e conselhos gestores, as universidades, os institutos de pesquisa e laboratórios – em resumo, a estrutura de relações em rede, nos termos da sociologia econômica.

Para tornar a empreitada desta tese factível, optamos por fazer um **recorte espacial do objeto**: o foco do trabalho será a biotecnologia no Estado de São Paulo. Trata-se da unidade da federação mais forte em biotecnologia, tanto em termos da produção privada como da científica. Além disso, os arranjos institucionais decorrentes da presença da Fapesp ajudam a iluminar peculiaridades importantes para o entendimento da biotecnologia e tornam o caso paulista interessante para a análise. Evidentemente, as informações sobre o Brasil serão apresentadas quando necessário, de modo a contextualizar a atividade no país e localizar o Estado de São Paulo no contexto nacional.

Ao longo da pesquisa, são utilizadas **diferentes técnicas para coleta e análise de dados**. Em relação àqueles de caráter mais quantitativo, serão analisadas primeiramente as informações de um banco de dados de empresas com atividades biotecnológicas[2]. Além dos dados sobre empresas, utilizamos as bases sobre

[2] Para esta pesquisa de doutorado, um novo banco de dados foi preparado ao longo de 2012 e 2013, utilizando algumas informações do *Brazil Biotech Map 2011* (CEBRAP, 2011) e outras coletadas em fontes secundárias – websites das empresas, incubadoras, agências de fomento, órgãos de governo,

programas de pós-graduação (Capes) e sobre grupos de pesquisa (CNPq) para análise a respeito da esfera da ciência. Levantamos também informações secundárias sobre políticas públicas relacionadas à biotecnologia em documentos oficiais de governos, além de programas específicos de incentivo a CT&I da Finep, do BNDES e da Fapesp. Nesse último caso, utilizamos também um banco de dados sobre projetos que receberam concessões da Fapesp nos programas PIPE e PITE. Por fim, também foram realizadas entrevistas em profundidade com atores ligados a CT&I e à biotecnologia, como empresários, funcionários e dirigentes de órgãos públicos e pesquisadores de universidades.

Além desta introdução, a tese está estruturada como segue.

O **Capítulo 1** é composto por uma apresentação de tópicos teóricos que servem de base para a construção da **estrutura analítica do objeto de pesquisa da tese.** Consiste em uma breve discussão de três diferentes perspectivas teóricas que fornecem suporte à abordagem da biotecnologia no Brasil aqui utilizada. Primeiramente, a ideia de estrutura de relações sociais em rede da sociologia econômica. Em segundo lugar, a noção de sistema de inovação, que se fundamenta na economia evolucionária. E, por fim, o modelo de hélice tripla. O objetivo é desenhar uma estrutura de análise da biotecnologia que contemple as esferas mercado, ciência e Estado (em um nível de análise macro) e a articulação de seus respectivos atores, como empresas, universidades, institutos de pesquisa, governos, agências de fomento, conselhos (em um nível de análise *meso*).

O **Capítulo 2** busca responder à pergunta: **o que é biotecnologia como atividade econômica?** Para tanto, desenvolvemos uma metodologia para construção do objeto empírico e definição do campo de análise. O capítulo é composto pelas seguintes seções: definições de biotecnologia e exemplos de atividades biotecnológicas; definição de empresa de biotecnologia; procedimentos para estimativa do universo de empresas no Brasil; e técnicas para coleta de informação e fontes.

É importante dizer desde já que a chamada definição em lista de atividades biotecnológicas da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2006) foi utilizada nesta pesquisa como base para a coleta de dados sobre as

---

publicações especializadas, entre outras – e em contato direto com algumas empresas, em eventos e entrevistas presenciais. A explicação sobre a preparação desse banco de empresas de biotecnologia será feita em detalhe no capítulo 2.

empresas no Brasil. A partir dela construímos um banco de dados com 314 empresas. São firmas com pelo menos uma atividade biotecnológica dessa lista da OCDE, e sua seleção é resultado de uma vasta pesquisa em diversas fontes (outros estudos sobre biotecnologia, incubadoras e associações de empresas, publicações especializadas e da imprensa, órgãos de governo, os próprios sites das empresas, além de entrevistas). Explicaremos em detalhes a construção desse banco de dados no Capítulo 2 da tese.

O **Capítulo 3** trata da **esfera do mercado e de seu ator principal – a empresa.** Apresentamos um **panorama do ambiente privado da biotecnologia** no Brasil e em São Paulo – o recorte espacial para análise nesta pesquisa. Na análise dessa esfera, serão consideradas 314 empresas com atividades biotecnológicas no Brasil, sendo 152 no Estado de São Paulo, divididas nas seguintes áreas de atuação: agricultura, bioenergia, meio ambiente, saúde animal e saúde humana.

A análise começa com um panorama do conjunto das empresas com atividades biotecnológicas no Brasil, suas áreas de atuação e a concentração em São Paulo. Em seguida, trata da estrutura das empresas, como ano de fundação, porte e formação dos sócios e o relacionamento com universidades e institutos de pesquisa. As seções finais discutem a dependência do recurso público para investimentos em P&D e inovação por parte das empresas com atividades biotecnológicas.

O **Capítulo 4** discute a **esfera da ciência** e procura mensurar **o potencial de produção científica em biotecnologia** na academia brasileira. O desafio é selecionar áreas de conhecimento relacionadas à biotecnologia, organizar as informações e apresentar um diagnóstico da produção científica correlata à biotecnologia.

Assim como no caso das empresas, nas classificações por área de conhecimento que organizam a ciência mundial (e brasileira), também não há uma área chamada biotecnologia que agrupe tudo o que é produzido nesse campo, de modo que possamos facilmente analisar suas condições e resultados[3]. Por isso, realizamos um esforço metodológico de buscar nas bases de dados existentes uma forma de explorar aquela produção cientifica que pode estar relacionada à biotecnologia, seja pelas áreas de conhecimento (genética, microbiologia, medicina veterinária etc.), seja pelos temas de pesquisa (sequenciamento de DNA, biorremediação, proteômica, cultura de tecidos etc.).

[3] Até existe uma área de conhecimento específico chamada biotecnologia na classificação brasileira, mas ela foi formalmente criada recentemente e está muito longe de espelhar a produção nacional de fato, como veremos na análise ao longo do capítulo 4.

Duas opções foram escolhidas para a análise do potencial de produção científica na academia no Capítulo 4. Primeiramente, uma análise utilizando os programas de pós-graduação de diversas áreas de pesquisa, bem como seus docentes e pesquisadores matriculados. Esses dados são coletados e organizados pela Capes. Em segundo lugar, uma análise a partir dos grupos de pesquisa em biotecnologia e em áreas relacionadas. Essas informações são provenientes do diretório de grupos do CNPq.

O **Capítulo 5** se volta para a **esfera do Estado** ao tratar de **políticas públicas e questões de regulação na biotecnologia brasileira**. A primeira parte discute brevemente o contexto geral mais favorável à combinação de ciência e tecnologia com inovação no Brasil nos últimos anos. Na segunda, apresentamos um levantamento sobre o tema da biotecnologia nas políticas federais e estaduais desde o final dos anos 1990, com seção especial para a biotecnologia em saúde humana. Na terceira, descrevemos programas e ações com impacto na biotecnologia em São Paulo: instrumentos de apoio à inovação da Finep; programas PIPE e PITE, da Fapesp; e projetos especiais da Fapesp, como o Genoma.

O conjunto de diretrizes, programas e ações de diferentes governos em diferentes épocas mostra que o Estado não deixou de lado a biotecnologia, como dizem alguns atores do campo, mas sim que sua ação pode ser definida como ativismo programático. Há inúmeras políticas públicas para a área, mas talvez elas estejam formuladas em bases inconsistentes ou em direções equivocadas, o que dificulta a realização dos objetivos propostos, e consequentemente a demanda por mais ações públicas. Por fim, tratamos de alguns aspectos sobre propriedade intelectual e regulação, com a preocupação principal de apontar como eles podem ser obstáculos ao desenvolvimento da biotecnologia como atividade econômica.

O **Capítulo 6, por fim,** retoma a tese central da pesquisa a respeito da articulação dos atores das esferas mercado, ciência e Estado na biotecnologia, discutindo os principais achados dos capítulos anteriores e apontando questões essenciais para o desenvolvimento desta atividade econômica no Brasil.

Capítulo 1: Estrutura de análise da biotecnologia no Brasil

Este primeiro capítulo apresenta uma breve discussão de três arcabouços teóricos que dão suporte à estrutura de análise do objeto de pesquisa construída para esta tese: a sociologia econômica, especialmente a ideia de estrutura de relações em rede; a economia evolucionária, principalmente a noção de sistema de inovação; e o modelo de hélice tripla, que também tem bases na economia evolucionária, mas traz elementos da economia institucional e da sociologia do conhecimento e tecnologia. Após a apresentação dos três, a seção 1.4 resume a estrutura de análise da articulação dos diferentes atores das esferas mercado, ciência e Estado na biotecnologia no Brasil.

1.1) Por que a sociologia econômica ajuda a entender a dinâmica da biotecnologia

1.1.1) A retomada da sociologia na análise da vida econômica

Esta seção articula algumas ideias da literatura que trata de redes sociais, difusão de conhecimento e dinâmica econômica no âmbito da chamada Nova Sociologia Econômica, especialmente daqueles estudos que focam as atividades mais intensivas em tecnologia e conhecimento, como biotecnologia. Antes de entrar nessa discussão, cabe lembrar a recente retomada da sociologia na análise da vida econômica.

O seu argumento é que muitos problemas de pesquisa econômicos, que, tradicionalmente, pertencem ao campo da economia, podem e devem ser analisados pela sociologia. Essa ideia de um retorno da perspectiva social na economia foi levantada por autores da Nova Sociologia Econômica norte-americana nos anos 1980, argumentando que, durante parte do século XX, a sociologia deixou temas importantes a cargo dos economistas.

Inspirados especialmente nos escritos de Marx, Weber, Polanyi e Schumpeter, esses autores definem a sociologia econômica, como diz Swedberg (2004), "de modo conciso, como a aplicação de ideias, conceitos e métodos sociológicos aos fenômenos econômicos – mercados, empresas e sindicatos". E ele continua com uma referência a Weber: "a sociologia econômica estuda tanto o setor econômico na sociedade

(‘fenômenos econômicos’) como a maneira pela qual esses fenômenos influenciam o resto da sociedade (‘fenômenos economicamente condicionados’) e o modo pelo qual o restante da sociedade os influencia (‘fenômenos economicamente relevantes’)” (SWEDBERG, 2004: 7).

A Nova Sociologia Econômica norte-americana se assenta em três princípios que não são novos por si sós, mas podem ser vistos como novidade pela forma como são reorganizados para fazer a oposição à chamada economia neoclássica.

O primeiro deles é que toda ação econômica é uma forma de ação social. Na teoria econômica convencional, o conceito de ação econômica está “limpo” das razões não econômicas, situa-se em um mundo unidimensional, e as influências sociais seriam vistas como elementos que “atrapalham” a ação econômica. Para a sociologia, evidentemente, a ação econômica não pode ser separada de elementos de status, sociabilidade e poder (SWEDBERG e GRANOVETTER, 1992). Há razões não econômicas que influenciam diretamente a ação econômica, já que não existe o *homo economicus*, mas sim um ator econômico enraizado (“embedded”) em uma estrutural social (SWEDBERG, 2004). A vida econômica está, então, enraizada em instituições não econômicas (família, religião, amizade etc.).

Isso nos leva ao segundo principio geral, que é o fato de que a ação econômica é socialmente situada, ou seja, não pode ser explicada por motivos simplesmente individuais. Está enraizada em redes de relações sociais e não é levada a cabo por indivíduos atomizados. O enraizamento é um conceito crucial para a Nova Sociologia Econômica e, junto com o conceito de redes sociais, ditou o caminho de análise dessa escola nos últimos trinta anos. Nas palavras de Swedberg e Granovetter (1992): “uma ação por um membro de uma rede está enraizada porque ela é expressa em interação com outros atores” (SWEDBERG e GRANOVETTER, 1992: 9). Comportamentos e instituições estão, portanto, constrangidos por relações sociais.

Consequentemente, a ideia de redes sociais ajuda a entender o terceiro principio: instituições econômicas são construções sociais. Fazendo a crítica à chamada Nova Economia Institucional, cujo principal alvo é Oliver Williamson, os autores da Nova Sociologia Econômica, principalmente Granovetter, se apoiam na ideia de que as ações econômicas estão estruturadas mediante redes sociais, que podem ser definidas por um conjunto de nós ou atores (indivíduos ou organizações) conectados por relações sociais ou laços de um tipo específico. É por essas redes que se difunde conhecimento e se alimentam processos de mudança tecnológica e

inovação. As redes sociais, enraizadas, têm, portanto, papel central na mobilização dos recursos para a construção das instituições econômicas.

Além disso, tal construção depende das decisões que foram tomadas no passado. Aqui entra a noção de dependência da trajetória ("path-dependence"), a qual permite introduzir na análise o conjunto de constrangimentos dados pelo desenvolvimento histórico prévio da sociedade. Isso quer dizer que as decisões do presente são tomadas com base no que foi desenvolvido no passado e, por sua vez, condicionam os caminhos futuros.

A partir dessas premissas da Nova Sociologia Econômica, é possível perceber como é esclarecedora a frase de Granovetter e Swedberg: "In order to grasp the way economy works, it is necessary to investigate its social structure" (SWEDBERG e GRANOVETTER, 1992: 22). Para entender, portanto, como a biotecnologia como atividade econômica funciona, é preciso ir além da empresa e observar a articulação dos atores nas esferas do mercado, da ciência e do Estado.

1.1.2) Biotecnologia e a interdependência dos atores

Os princípios da sociologia econômica expostos acima nos ajudam a refletir sobre a interdependência dos atores em processos de produção em uma atividade intensiva em ciência e tecnologia. Na biotecnologia, novos arranjos produtivos e organizacionais vão sendo criados para lidar com a questão da base científica combinada à esfera do mercado. Isso seria diferente de estruturas de produção mais consagradas, como aquela de uma cadeia automobilística, por exemplo, em que o produto, os fornecedores e os clientes já estão bem definidos.

No caso da biotecnologia, o desenvolvimento de uma nova droga e a produção de um medicamento, por exemplo, podem envolver pesquisadores de diferentes instituições (universidades e centros de pesquisa), fornecedores de diversas empresas, clientes com interesses distintos, agências públicas de fomento a pesquisa e inovação e empresas de capital de risco. Todos eles estão envolvidos naquele processo de produção porque detêm conhecimentos específicos e recursos diversos que se complementam e que estão em circulação nos processos produtivos.

A tentativa de observar os mecanismos relacionais de funcionamento da vida econômica nos estudos sobre *performance* de firmas (e/ou setores produtivos) é um ponto de partida interessante para inspirar a abordagem do objeto de pesquisa desta

tese. O pressuposto desses trabalhos é que arranjos organizacionais como as redes permitem a troca de informação e de conhecimento e o acesso a recursos, informação e oportunidades. Enfim, são criadas interdependências entre atores (indivíduos ou organizações), as quais podem gerar tanto benefícios (compartilhamento de recursos e riscos) como consequências negativas (o insulamento em redes densas e a distância de informação nova, por exemplo).

Nesse sentido, aparece de forma significativa na literatura o crescimento da importância das redes no meio produtivo: seja na busca dos atores para estarem "conectados", que tem como pano de fundo a ideia de capital social; seja, analiticamente, pelos pesquisadores, como forma de analisar o fenômeno. Powell e Grodal (2005), por exemplo, lembram que "ter amplos e diversos círculos sociais" traz vantagens em termos de informação, status e recursos, mas que isso, por si só, não seria a novidade. Aquilo que seria novo no mundo produtivo seria o fato de que a difusão de conhecimento se torna crucial para a produção de certos bens e serviços e, com ela, aumenta a importância das conexões. As firmas buscam cada vez mais colaboração externa para pesquisa e desenvolvimento (P&D), por exemplo. Com a especialização profunda do conhecimento, as redes servem como mecanismos para absorver conhecimento de outros atores (pesquisadores, fornecedores, prestadores de serviço ou clientes), para desenvolver capacidades, acessar ativos especializados e dividir riscos e trabalho (POWELL e GRODAL, 2005; LUNDVALL et al., 2004; CASTILLA et al., 2000).

Na produção biotecnológica, há uma interdependência tanto entre as disciplinas – que será abordada no Capítulo 2 – como entre atores públicos e privados, o que, supõe-se, deve exigir arranjos institucionais peculiares. Isso ocorre não só pela circulação de conhecimento por meio dos indivíduos, mas também nos casos de empresas em parceria com universidades ou de firmas em incubadoras de institutos de ensino e pesquisa, ou, ainda, de agências de fomento que criam instituições para financiamento. São especialistas de diversas áreas que precisam trabalhar em colaboração para acessar aquilo de que dispõem isoladamente – recursos intelectuais, financeiros ou físicos.

Outra característica relevante da biotecnologia, como já mencionado, é levantada por Pisano ao chamá-la de "negócio baseado em ciência" (*science-based business*). A ciência sempre foi base, ferramenta ou insumo para o negócio privado, ou seja, não é o uso de ciência na produção a peculiaridade da biotecnologia –

ressalte-se que o autor considera apenas a área de saúde humana. No caso da biotecnologia, a ciência é um negócio em si mesmo, pois a empresa cria ciência e extrai valor diretamente dessa criação, o qual depende da qualidade direta do produto científico. E as empresas têm papel ativo no desenvolvimento científico. Mesmo antes de concluídas, as descobertas científicas motivam a criação de firmas que, por sua vez, desenvolvem outras aplicações, como é o caso da área de genoma. Além disso, essas empresas têm de resolver as questões científicas em seu próprio P&D ou em colaboração com universidades e centros de pesquisa (PISANO, 2006). Ou seja, novamente, há desafios básicos para a própria produção que exigem, de saída, novos tipos de arranjo institucional e organizacional.

Além da complexa e heterogênea natureza do conhecimento científico, o autor menciona outra característica específica do negócio da biotecnologia: a profunda e persistente incerteza da ciência envolvida na biotecnologia exige modos novos de manejar e recompensar o risco. Os investimentos em P&D muitas vezes trazem resultados abaixo do esperado, pois a pesquisa realizada contém, em geral, respostas que trazem mais perguntas – natural para a ciência, mas problemático para o negócio. Interessante nesse caso a menção do autor à diferença entre incerteza primária e secundária. Nessa última, é sabido aquilo que não se sabe, ou seja, é possível pensar nas probabilidades de algo que pode acontecer ou de como esse algo seja – "qual a chance de uma geada na Flórida no próximo inverno", exemplifica. Entretanto, no caso da biotecnologia, muitas vezes a incerteza é primária, isto é, não é sabido nem aquilo que não se sabe. Trocando em miúdos, ele diz: "é tudo aquilo que você nem imagina que não sabe" (PISANO, 2006: 8).

A literatura sobre o tema realça a importância das interações sociais e dos atores em diferentes instituições para os processos de desenvolvimento baseados em conhecimento e, mais especificamente, as evidências sobre as relações entre redes e desempenho de organizações. Nesta tese, serão analisados os níveis macro (articulação das esferas) e *meso* (interação de atores como empresas e institutos de pesquisa).

Alguns *insights* para nossa análise provêm do modo como a abordagem de redes sociais trata da biotecnologia, uma atividade econômica em que múltiplas lógicas de descoberta e diferentes tipos de parceria organizacional motivam firmas a criar laços em redes para desenvolver novos produtos e inovar. No caso de uma atividade baseada em conhecimento e em expansão, o *locus* da inovação pode estar na

rede de aprendizado que se forma entre os atores, uma vez que habilidades, recursos e fontes de conhecimento para a produção de novas drogas, por exemplo, estão amplamente dispersos em diferentes organizações (POWELL, KOPUT e SMITH-DOERR, 1996; FELIZARDO, 2012).

Em estudos sobre colaboração interorganizacional, enraizamento institucional e comercialização no campo das ciências da vida, Powell, White, Koput e Owen-Smith (2005) e Porter, Powell e Whittington (2005) mostram como múltiplas redes, que variam no tempo, moldaram a estrutura de oportunidades do campo da biotecnologia em Boston, nos EUA. Os autores defendem que os padrões de interação em rede emergem e transformam o campo com ramificações e efeitos diferentes para os diversos atores envolvidos. A partir do desenvolvimento da área em Boston, discutem o envolvimento (ou o surgimento) na produção de atores como universidades, institutos de pesquisa, empresas de capital de risco, firmas de biotecnologia e gigantes corporações farmacêuticas multinacionais e seu enredamento durante três décadas (de 1970 a 2000).

Uma forma mais simples de contar a história é a partir dos atores. De um lado, até os anos 1980, firmas de biotecnologia eram pequenas, sem capacidade nem recursos para desenvolver novas drogas. Buscam, então, parcerias com multinacionais farmacêuticas, grandes hospitais e universidades. De outro lado, grandes empresas, sem acesso a conhecimento de ponta das universidades, procuram firmas *start-ups*, mais próximas de centros de pesquisa, para chegar à pesquisa de ponta (biologia molecular, por exemplo).

A partir de uma análise da estrutura social da biotecnologia em perspectiva histórica, os autores mostram como as redes que se formaram foram moldadas especialmente por um fator: a atividade baseada em conhecimento foi se conformando com base em atores com habilidades e competências bastante distintas. São eles: universidades e organizações de pesquisa públicas, especializadas em ciência básica nos estágios iniciais de desenvolvimento de uma droga; financiadores das empresas de capital de risco; pequenas empresas de biotecnologia, tanto produzindo como criando laços com outras grandes companhias. Os atores precisaram aprender a lidar com um amplo espectro de relações. Uma mesma atividade colaborativa – P&D em conjunto, por exemplo – pode ter diferentes implicações para as firmas dependendo da forma organizacional dos parceiros. Isso porque distintas formas de organização trazem diferentes lógicas institucionais para a mesma atividade. Para uma empresa de

biotecnologia, fazer P&D em parceria com uma multinacional farmacêutica é bem diferente de realizar a mesma atividade com uma universidade. As firmas desenvolvem, assim, capacidades de conduzir trabalhos com diferentes parceiros.

Além disso, com o desenvolvimento da biotecnologia como atividade econômica, outras organizações emergem para auxiliar na própria colaboração entre os diferentes atores, como escritórios em universidades para transferência de tecnologia e consultorias em direito para lidar com propriedade intelectual. Ou seja, uma análise sociológica baseada na abordagem relacional parece ser apropriada para dar conta de compreender o desenvolvimento desse tipo de atividade.

Owen-Smith e Powell exploram, em um artigo, uma perspectiva analítica que vai além da posição do ator na rede para entender a influência das redes nos fluxos de conhecimento e no desenvolvimento de atividades econômicas mais intensivas em tecnologia. Os autores sublinham a importância dos atributos dos nós da rede no caráter do fluxo de conhecimento, ou seja, as características das organizações que compõem a rede. O artigo analisa a biotecnologia na área metropolitana de Boston com informações sobre arranjos inter-organizacionais envolvendo empresas. O argumento central é que as formas organizacionais dos atores dominantes em uma rede moldam o caráter do fluxo de conhecimento e de recursos numa determinada comunidade.

Os autores demonstram que, onde a universidade domina, tende a prevalecer a lógica da descoberta mais favorável à abertura e à difusão de informação. Sendo assim, somente a participação naquela rede já é suficiente para levar a aumentos nas taxas de inovação (OWEN-SMITH e POWELL, 2004). Situação distinta é encontrada quando as grandes empresas são os atores principais na rede, pois uma lógica fechada e voltada à propriedade privada é preponderante. Nesse caso, posições centrais na rede passam a ser mais relevantes em termos de benefícios provindos de fluxos de conhecimento e recursos. A discussão aqui passa pela noção de que padrões distintos de relação entre os atores influenciam diretamente os processos de descoberta e os tipos de atividade inovativa.

A partir desses achados sobre Boston, os autores avançam, então, na comparação com outra região, a San Francisco Bay Area, para mostrar como diferentes âncoras institucionais podem levar a procedimentos e resultados diferentes em termos de inovação. Trata-se de dois *clusters* bem-sucedidos e com redes de atores importantes na produção de conhecimento e de mercadorias. Entretanto, o tipo de

sucesso e o modo como as redes importam variam de acordo com a forma organizacional e com as lógicas institucionais dos atores principais de cada *cluster* (OWEN-SMITH e POWELL, 2006).

Na comparação, a San Francisco Bay Area é maior em termos geográficos e em número de organizações: há ali muitas empresas de biotecnologia, algumas delas companhias farmacêuticas de grande porte, importantes universidades, além de firmas de capital de risco. Sua rede é baseada no setor privado, sendo "mais fechada" em termos de circulação de conhecimento e com orientação empreendedora (OWEN-SMITH e POWELL, 2006). Características distintas da área de Boston, menor em termos geográficos e organizacionais: instituições públicas de pesquisa e de produção de ciência básica (entre as melhores universidades do mundo) e hospitais formam neste caso a base, além de um menor número de empresas de biotecnologia e de capital de risco, as quais surgiram mais tarde, depois do setor já desenvolvido. A rede de Boston é baseada no setor público de pesquisa e levou a uma trajetória mais aberta em termos de fluxo de conhecimento se comparada à da Bay Area (OWEN-SMITH e POWELL, 2006).

Além da descrição das características dos dois casos, outra forma utilizada pelos autores para comparar os resultados dos *clusters* em termos de inovação é a observação dos dados sobre patentes (de 1988 a 1999). Foram 3.800 patentes das empresas da Bay Area, enquanto as de Boston geraram cerca de 1.400. A diferença se deveu ao pequeno número de empresas altamente produtivas da Bay Area (OWEN-SMITH e POWELL, 2006). Entretanto, mais interessante do que a diferença na quantidade de patentes é a distinção em termos de qualidade. Os autores destacam que, ao observar dados de citações de patentes, verifica-se que aquelas das empresas de Boston, apesar de serem em menor número, geram mais impacto. Diferentemente, a estratégia de patentes da Bay Area seria mais voltada para avanços incrementais, o que é previsível no caso de firmas financiadas por redes de investidores que demandam progressos mais rápidos (OWEN-SMITH e POWELL, 2006).

Tais exemplos nos mostram como uma análise que joga luz sobre a estrutura de relacionamento dos atores é capaz de revelar a complexidade de uma atividade como a biotecnologia e, ao mesmo tempo, encontrar padrões que nos permitem entender melhor o fenômeno.

1.2) Economia evolucionária: políticas públicas, tecnologia e inovação

1.2.1) Economia e políticas públicas; crescimento e tecnologia

Assim como a Nova Sociologia Econômica, a chamada Economia Evolucionária também faz a crítica à economia neoclássica convencional. Nesse caso o foco se volta para os pressupostos de equilíbrio de mercado e maximização da ação individual (com a crítica ao postulado da escolha racional dos agentes e à assunção da racionalidade limitada) e para a incapacidade da ortodoxia econômica de integrar a mudança tecnológica como fundamento do crescimento econômico.

Os economistas evolucionários se contrapõem à teoria do crescimento da ortodoxia e ao entendimento de que, nos processos de crescimento econômico, visto como fenômeno ordenado e firme, há relações de causa e efeito claramente separáveis. A teoria evolucionária da mudança econômica baseada na tecnologia (ou economia neo-schumpeteriana) considera na análise as circunstâncias históricas, e entende que os mecanismos causais são complexos e mudam ao longo do tempo e que os processos de crescimento econômico são turbulentos. Ou seja, em regimes de avanços tecnológicos contínuos, a economia está em constante desequilíbrio (VERSPAGEN, 2005; NELSON, 2005). Para os evolucionários, as firmas estão obviamente comprometidas com a busca pelo lucro, "mas não se supõe que suas ações sejam maximizadoras de lucros em um conjunto de escolhas bem definidas e dadas" (NELSON e WINTER, 1982: 18).

A própria ideia de sistema de inovação (em particular o "nacional") – que será discutida a seguir nesta seção – nasce de uma crítica de Freeman a abordagens da economia ortodoxa que, nos anos 1980 e 1990, tratavam da competitividade com base em custo relativo de mão de obra (salários) e abertura comercial (câmbio) e defendiam menor participação dos governos nos processos de desenvolvimento econômico. Freeman destaca a centralidade da tecnologia e da inovação no crescimento da economia e a legitimidade e a necessidade do papel ativo dos governos para o *catch-up* industrial dos países.

Nas palavras de Lundvall, o conceito foi uma reação crítica às ideias simplistas de competitividade vigentes nos anos 1980: "I would argue that the most important positive impact has been that the concept has supported a general shift in what economists and policy makers see as constituting 'international

competitiveness'. It has helped to move the attention toward national policy strategies that constitute positive sum games both internationally and domestically" (LUNDVALL, 2005: 8).

Antes de entrarmos no ponto chave para os evolucionários, que é a centralidade da tecnologia para o crescimento econômico, cabe um comentário sobre a importância das políticas públicas e da coordenação do Estado na argumentação dessa abordagem.

Soete, Verspagen e Weel destacam a importância do Estado na coordenação de políticas industriais de longo prazo tanto no caso da corrida industrial e de crescimento econômico no século XIX, quando a Alemanha tentava alcançar (e superar) a Inglaterra[4], como em outros mais recentes: "In fact, the role of the Prussian state in technology catch up in the mid nineteenth century resembled very much that played by the Japanese state a couple of decennia later, the Korean state a century later, or China today. At each time the coordinating role of the state was crucial, as were the emphasis on many features of the national system of innovation which are at the heart of contemporary studies (e.g., education and training institutions, science, universities and technical institutes, user-producer interactive learning and knowledge accumulation)" (SOETE, VERSPAGEN e WEEL, 2009: 6).

Ao rejeitar a visão de que há um estado ótimo da competição no mercado, a economia evolucionária não só critica a abordagem neoclássica de equilíbrio e a perspectiva de falha de mercado, como introduz importantes elementos para o debate sobre desenvolvimento econômico e tecnologia: intervenção governamental não se limita a correções de falhas de mercado; instituições não mercantis têm papel direto no desenvolvimento tecnológico; e inovação é um processo multidimensional (o que inclui as políticas públicas) (SOETE, VERSPAGEN e WEEL, 2009: 28).

A economia evolucionária explicita, assim, que os mercados não são puros, como o *mainstream* da economia postula (LUNDVALL, 2005: 24), mas sim formados por elementos organizacionais e institucionais diversos e influenciados diretamente por políticas públicas (principalmente de CT&I), aproximando-se dos pressupostos da

[4] Os autores retomam o exemplo para ilustrar como o economista alemão Friedrich List teria sido um precursor da ideia de sistema nacional de inovação ao discutir o desenvolvimento industrial da Alemanha em comparação à Inglaterra, e lembram que suas ideias passavam por políticas do que posteriormente passou a ser chamado de aprendizado tecnológico.

sociologia econômica. Fornece, assim, importante fundamento para a abordagem da biotecnologia realizada nesta tese.

Além da relevância das políticas públicas, especialmente industriais e/ou de ciência, tecnologia e inovação, nos processos de desenvolvimento econômico, a ideia central para os evolucionários é que o avanço tecnológico é o motor do crescimento econômico. Na obra fundadora da economia evolucionária, Nelson e Winter explicitam que "dentre as principais tarefas intelectuais do campo da história econômica está a compreensão da complexidade da mudança cumulativa da tecnologia" (NELSON e WINTER, 1982: 17). Essa tarefa abriu espaço para o entendimento de que a mudança tecnológica, que pode se consolidar na inovação, é um processo dinâmico e sistêmico. Isso quer dizer que se trata de um processo cumulativo, institucional e interativo – esse último é abordado na seção 1.2.2 a seguir.

Cumulativo, primeiramente, porque o conhecimento não tem um fim em si mesmo e as possibilidades de evolução e incrementos são inúmeras, considerando, porém, dois limites.

Um deles é a dependência da trajetória, já que as decisões em sistemas tecnológicos no passado determinam os caminhos para as decisões do futuro (a ideia de *path-dependence* que os sociólogos da economia também abraçam). Nas palavras de Nelson e Winter (1982): "As regularidades observadas na realidade presente não são interpretadas como soluções de um problema estático, mas como resultados produzidos por processos dinâmicos compreensíveis a partir de condições conhecidas ou conjecturadas de forma plausível no passado – e também como características do estágio a partir do qual um futuro bastante diferente irá emergir por meios daqueles mesmos processos dinâmicos" (NELSON e WINTER, 1982: 26).

O outro limite é a chamada "seleção econômica" (derivada da seleção natural da biologia), definida pela competição entre as firmas no mercado, que direciona quais processos tecnológicos sobrevivem e são incrementados, enquanto outros ficam para trás (NELSON, 2005). As firmas têm capacidades e regras de decisão, as quais "se modificam ao longo do tempo, como resultado de esforços deliberados para a superação de problemas e de eventos aleatórios" (NELSON e WINTER, 1982: 19).

Os incrementos nos processos tecnológicos (ou a inovação incremental) são para a economia evolucionária o que a "mutação biológica" é para a biologia. Assim como um determinado produto não é concebido *a priori* em sua totalidade, pois os usos são definidos socialmente ao longo do tempo, os sistemas tecnológicos também

se conformam a partir de processos de tentativa e erro. Não é possível saber completamente as consequências de uma invenção ou inovação. É impossível prever os efeitos cumulativos das mudanças incrementais. Não há como controlar a natureza cumulativa e sistêmica do conhecimento. O que é possível compreender são os padrões de mudança tecnológica, por isso a teoria evolucionária utiliza muito a historia econômica e a historia da ciência e da tecnologia (VERSPAGEN, 2005).

Além de cumulativo, em segundo lugar, o processo de mudança tecnológica é também institucional. Os atores são incapazes de agir num complexo modo maximizador em função das complexidades da realidade. No caso da economia evolucionária, a questão são as possibilidades que envolvem a mudança tecnológica, ou seja, a incerteza. Para lidar com a incerteza, são criadas regras de comportamento, que se materializam nas rotinas e permitem alguma racionalidade para lidar com as diversas possibilidades (VERSPAGEN, 2005). Deriva daí parte do caráter institucional do processo de mudança tecnológica. Na raiz das teses da economia evolucionária, Nelson e Winter explicam que o termo geral para todos os padrões comportamentais regulares e previsíveis das firmas é a ideia de "rotina" (NELSON e WINTER, 1982). As rotinas são características hereditárias, dadas historicamente, mas selecionáveis, que podem se alterar ao longo do tempo, são construídas socialmente e institucionalizadas.

1.2.2) Sistemas de inovação: como abordar um fenômeno complexo

Soma-se à cumulatividade e à institucionalidade uma terceira característica da abordagem evolucionária: a interatividade, que se refere à participação de atores sociais nos processos de mudança tecnológica. Isso aparece em duas ideias fortes: abordagem sistêmica da inovação, apresentada por Freeman (1987), desenvolvida por Lundvall (1992) e Nelson (1993) e organizada mais recentemente por Edquist (2005); e economia do aprendizado, derivada da abordagem sistêmica e introduzida por Lundvall (1996).

As noções de aprendizado interativo e inovação são o centro da argumentação de Lundvall já nos seus trabalhos sobre sistemas nacionais de inovação. Mas é posteriormente que ele introduz a ideia de economia do aprendizado. A chamada *learning economy* seria um novo momento do modo de produção capitalista e tem como característica essencial a noção de que a capacidade de aprender define o

desenvolvimento de indivíduos, firmas, regiões e economias nacionais. E o aprendizado, tanto individual como organizacional, não significa somente acesso a uma crescente quantidade de informação, é um processo de construção de competências. Lundvall tem como premissa que o "aprendizado é um processo interativo combinado ao conhecimento, que é um ativo compartilhado em redes sociais e organizações" (LUNDVALL, 1994 e 1996)[5].

Já o caso da abordagem sistêmica da inovação merece maior detalhamento, uma vez que a ideia serve de inspiração para a abordagem da biotecnologia nesta tese.

Primeiramente, entende-se que inovação é produto de um processo sistêmico. Como já consagrado na literatura, ela pode ser de produto – que se refere a bens materiais ou serviços intangíveis novos ou melhorados – ou de processo – que seriam formas de produzir bens e serviços. Há também uma visão mais abrangente que envolve tanto aquelas ditas tecnológicas como as organizacionais, (EDQUIST, 2005; FAGERBERG, 2005). Tais inovações podem advir tanto da produção de conhecimento novo, como da combinação de conhecimentos existentes em novos modos.

No que tange à ideia de sistema, Freeman cunha a expressão "sistema nacional de inovação", que define como "uma rede de instituições nos setores públicos e privados cujas atividades e interações produzem e difundem novas tecnologias" (FREEMAN, 1987:1). Nesta visão ampla, desenvolvida depois por outros autores, considera-se que fatores econômicos, sociais, políticos e institucionais influenciam o desenvolvimento, a difusão e o uso de inovações (EDQUIST, 2005)[6].

O conjunto de indivíduos, organizações e instituições em interação contribui para o desenvolvimento da capacidade de aprendizado e inovação de um determinado país ou região ou de um setor (o sistema nacional, regional ou setorial). As organizações são as estruturas formais conscientemente criadas e com propósitos explícitos. E as instituições são entendidas como um conjunto de hábitos, normas e rotinas compartilhadas, práticas, regras ou leis estabelecidas, que regulam as relações

---

[5] Para mais detalhes sobre essa discussão, ver LUNDVALL et al. (2004), que diferenciam dois modos de aprendizado e inovação inspirados na distinção entre conhecimento tácito (implícito, incorporado nos indivíduos e organizações) e codificado (explícito, aquele que pode ser formalizado e reproduzido de forma corrente em manuais, livros etc.): o modo STI (*Science, Technology, Innovation*) e modo DUI (*Learning by Doing, Using, Interacting*).

[6] Outras referências no tema são FREEMAN (1987); FREEMAN e LUNDVALL (1988); DOSI et al. (1988); LUNDVALL (1992), NELSON (1993) e EDQUIST (1996); AMABLE et al. (1997).

e interações entre indivíduos, grupos e organizações. São as chamadas "regras do jogo" (EDQUIST, 2005; FAGERBERG, 2005).

A inovação acontece nas empresas, mas depende diretamente das relações dessas com organizações de ensino e pesquisa, governos e suas políticas públicas e regulações, agentes de financiamento e também outras empresas. O fato a ser considerado é que as firmas não inovam isoladamente e, além disso, estão cada vez mais sujeitas a influências externas, como fornecedores, clientes, empresas de serviços e universidades, especialmente porque esses processos se tornam crescentemente mais dependentes de comunicação e colaboração de distintos atores. A inovação é, portanto, multicausal: há diferentes componentes e relações entre eles que a influenciam (EDQUIST, 2005; FAGERBERG, 2004).

Perde espaço, portanto, a visão do desenvolvimento tecnológico como resultado de um processo linear, com início na pesquisa básica na academia, passando pela aplicada até chegar aos produtos novos que a empresa coloca no mercado. Nesse caso, a empresa é vista como um ator externo ao sistema de C&T. Ganha força outra visão, em que a inovação deixa de ser vista como dependente de uma trajetória hierarquizada para ser entendida como um processo não linear ou sistêmico. O movimento paralelo no campo da política é justamente a mudança de uma política de ciência e tecnologia para outra um pouco diferente, que inclui a inovação.

Os trabalhos dos neo-schumpeterianos explicitam como instituições, organizações e indivíduos estão mutuamente imbricados em processos de produção e circulação de conhecimento e enfatizam o caráter não linear e heterogêneo do processo de produção de conhecimento e inovação, o que permite avançar no debate de como há diferentes componentes dos sistemas de inovação enraizados em contextos sociais e arranjos institucionais.

A ideia de sistema nacional de inovação como ferramenta analítica permite articular empresa, instituições de pesquisa e governo (incluindo agências de financiamento a CT&I) e, ao mesmo tempo, possibilita desagregar o sistema nacional em setores, considerando que as características do progresso científico e tecnológico variam entre os setores da economia (ALBUQUERQUE e CASSIOLATO, 2002: 135). Por isso, também, parece ser interessante incluir na análise da biotecnologia pressupostos da noção de Sistema Nacional de Inovação.

No caso do setor de saúde, por exemplo, que tem sobreposições com a biotecnologia – conforme veremos nos capítulos subsequentes desta tese –,

Albuquerque e Cassiolato destacam características de um sistema nacional de inovação: 1) "Universidades e instituições de pesquisa são foco de convergência de fluxos de informação científica e tecnológica"; 2) "Hospitais e centros médicos universitários apresentam demandas para os componentes do subsistema e interagem ao longo do seu desenvolvimento" [empresas, governo, financiadores, reguladores]; 3) "Instituições de regulação têm papel de filtro das inovações geradas por universidades e indústrias"; 4) "Saúde pública interage com universidades e instituições de pesquisa e recebe inovações do complexo médico-industrial" (ALBUQUERQUE e CASSIOLATO, 2002: 136).

Esse tipo de abordagem ajuda a compreender fenômenos como o destacado por Gelijns & Rosenberg: a inovação na área médica é crescentemente dependente de pesquisas interdisciplinares, principalmente quando relacionadas à biotecnologia, como medicamentos biológicos, em que um sistema de pós-graduação sofisticado e a interação universidade-empresa são essenciais (GELIJNS e ROSENBERG, 1995).

De fato, em biotecnologia, há forte interação entre institutos de pesquisa ou universidades, pequenas empresas de biotecnologia e grandes empresas, especialmente as chamadas "big farmas", que, a partir dos anos 1980 nos países desenvolvidos, passam a recorrer mais a universidades e pequenas empresas para o desenvolvimento de novas drogas e outros produtos.

Com base em casos internacionais, Albuquerque e Cassiolato apresentam uma forma interessante de observar tal fenômeno: "Em linhas gerais, as universidades desempenham o papel de produção de novos conhecimentos científicos (desde descrição da estrutura de dupla hélice do DNA, com Watson & Crick em 1953; até a técnica de desdobramento do gene – *gene-splicing* – com Cohen & Boyer, em 1973). As novas firmas biotecnológicas (NFBs) apresentam vínculos fortes com o mundo acadêmico, sendo muitas vezes *spin-offs* da pesquisa universitária. Apresentam uma atmosfera universitária, mas diferenciam-se das universidades por perseguirem objetivos claramente definidos e de uso potencialmente comercial. Têm habilidade para sintetizar novas proteínas. São fracas para as fases de desenvolvimento, testes e comercialização. Por isso, muitas vezes as NFBs terminam vendendo seus produtos potenciais para grandes empresas. As grandes empresas estabelecidas do setor farmacêutico possuem alta capacidade de engenharia (*know-how* para levar um novo produto de laboratório a uma escala industrial), recursos financeiros para realizar os longos e custosos testes clínicos e uma estrutura de comercialização bem sofisticada.

A estratégia das grandes empresas em reação às NFBs tem abarcado acordos de pesquisa, compra de participações minoritárias ou aquisição" (ALBUQUERQUE e CASSIOLATO, 2002: 140-141).

Como vimos ao longo desta seção, a inovação é, portanto, resultado de um processo sistêmico e interativo, que envolve diversos atores, guiados por instituições mercantis e não mercantis. O intuito aqui não é construir uma análise que siga estritamente os passos de uma estrutura analítica de sistemas de inovação, mesmo porque não há de fato uma teoria dos sistemas de inovação. Há, sim, ideias comuns a diferentes autores dessa escola que podem auxiliar a análise do sistema de inovação da biotecnologia em seu nível macro, tais como: importância das instituições e das interações; o papel dos governos na coordenação do sistema; o P&D nas empresas; a formação de recursos humanos na educação superior e da pesquisa nas universidades; e, por fim, a necessidade de considerar a perspectiva histórica na análise.

Tentar compreender o fenômeno da biotecnologia como atividade econômica em sua complexidade torna complexa também a própria análise. Nesse sentido, a preferência aqui é por uma abordagem mais enxuta de sistema de inovação. A utilização do recurso analítico das esferas (mercado, ciência e Estado) permite analisar a articulação de seus respectivos atores centrais: empresas, instituições de produção científica e governos, com suas políticas públicas e instituições de regulação. Isso ajuda a definir o foco da análise e permite a aproximação tanto com os pressupostos da sociologia econômica apresentados acima, como com a noção de hélice tripla que será discutida a seguir.

1.3) Hélice tripla: intersecção entre universidade, empresa e governo

No modelo de hélice tripla, a característica principal a destacar para a estrutura de análise desta tese é a ideia de uma “nova infraestrutura de conhecimento” com a sobreposição das esferas institucionais de academia, governo e setor privado (ETZKOWITZ e LEYDESDORFF, 2000). Os autores chamam atenção para o fato de que universidades, governos e empresas vão se tornando crescentemente interdependentes e chegam a tomar papéis uns dos outros nos processos de produção de conhecimento: o setor privado vai além da produção de bens e serviços; o governo, além da regulação; e a universidade, além da pesquisa básica. Além disso, e mais

interessante, indicam que novas organizações híbridas emergem dessas interfaces (ETZKOWITZ e LEYDESDORFF, 2000).

O foco da análise nesse modelo está na rede de relações, "comunicações e expectativas", entre academia, empresa e governo, e os autores defendem que há uma "sobreposição da comunicação reflexiva" entre esses agentes, a qual "remodela os arranjos institucionais" e a infraestrutura de produção de conhecimento (ETZKOWITZ e LEYDESDORFF, 2000: 109).

O modelo de hélice tripla permite a observação da emergência de novas organizações nas interfaces entre academia, governo e empresa, que conformam um novo ambiente inovativo, como empresas *spin-offs* de universidades, iniciativas trilaterais para desenvolvimento de tecnologia e inovação (como as incubadoras), alianças entres pequenas e grandes empresas com apoio do governo, laboratórios públicos especializados e grupos de pesquisa. Muitos desses arranjos são estimulados por governos mediante mudanças nas instituições (as chamadas "regras do jogo"), financiamento direto e indireto ou criação de novas organizações, como agências de apoio a inovação (ETZKOWITZ e LEYDESDORFF, 2000: 112).

A ideia de ampliação do leque de organizações envolvidas na produção de conhecimento e tecnologia ajuda a entender as formas como opera o sistema de inovação (neste modelo, a rede de comunicações entre as hélices).

É interessante adiantar que, no caso da biotecnologia no Brasil, há exemplos claros de emergência de organizações nas interfaces das três esferas institucionais: na sobreposição entre academia e Estado, estão laboratórios e institutos de pesquisa públicos especializados; naquela entre academia e setor privado, poderíamos citar consultorias e grupos de pesquisa mistos; na junção Estado e setor privado, agências de financiamento e apoio à inovação e fundos para desenvolvimento tecnológico; e na sobreposição dos três, seria possível pensar nas incubadoras e nos parques tecnológicos.

Outra característica importante do modelo é a importância da universidade, destacada principalmente por Etzkowitz (2003; 2008). Se no campo da economia evolucionária a firma é o centro das análises dentro do amplo espectro que a abordagem de sistema de inovação permite, no caso do modelo de hélice tripla, as universidades ganham mais atenção, especialmente pelo novo papel que podem adquirir nos processos de inovação nas sociedades baseadas em conhecimento.

Ganha força o debate sobre o papel da universidade, que abarcaria uma "terceira missão", que vai além de ensino e pesquisa (além de produção e difusão de conhecimento e tecnologia), atingindo diretamente a produção de valor e contribuindo para o crescimento econômico – a ideia de "entrepreneurial university" (ETZKOWITZ e LEYDESDORFF, 2000: 110; ETZKOWITZ, 2003). Nesse sentido, os autores destacam o papel mais direto de "capitalização do conhecimento" que as universidades passam a desempenhar, seja organizando a transferência de conhecimento para firmas existentes, seja criando novas empresas (ETZKOWITZ, 2007). Tanto a "science-based industry" articulada a universidades (ou "science-based business", conforme utiliza Pisano (2006)) como as novas firmas criadas a partir de pesquisa acadêmica ou grupos de pesquisa são exemplos da reestruturação institucional que vem ocorrendo na infraestrutura de produção de conhecimento (ETZKOWITZ, 2007).

Assim como Etzkowitz o faz de forma geral, Pisano afirma sobre o caso da biotecnologia que os dois mundos – ciência/universidade e negócio/empresa privada – começam a convergir. Mas pondera que há desafios significativos. Por um lado, as empresas fazem pesquisa, ou seja, no negócio baseado em ciência mencionado acima, a empresa é ativa no processo de desenvolvimento científico. Por outro lado, na universidade, a ciência passa a ser vista também como negócio, com o agressivo patenteamento e licenciamento de descobertas, bem como as parcerias com investidores de risco para criação de novas firmas (PISANO, 2006). A pergunta que Pisano nos apresenta diretamente é: a ciência pode ser um negócio? Essa questão está colocada na realidade, mas o debate relevante é sobre incapacidade da sociedade (setor privado, academia e governo) para lidar com as consequências desse entrelaçamento da ciência com o mercado.

Voltando à argumentação de Etzkowitz, alguns exemplos de ações de universidades na direção do negócio são programas de empreendedorismo, apoio à transição de projetos estudantis para criação de firmas, centros de pesquisa interuniversidades e parques tecnológicos que podem ser vistos no caso sueco: "In Sweden, new universities and regional colleges have taken up the task of capitalizing knowledge and made it a special feature of their academic program. Entrepreneurship training programs and encouraging the transition of joint student training projects into firm-formation are among the innovations. Older universities have also become involved, undertaking major initiatives often in collaboration with other academic

institutions in their region and beyond. They include science parks, inter-university research centers and networked universities" (ETZKOWITZ, 2007: 2)[7].

De alguma forma, tal argumento presente no modelo de hélice tripla dialoga com ideias levantadas pelos autores do chamado "Modo 2", como prática de "produção de conhecimento heterogênea" – em diferentes instituições – e de "ciência contextualizada" – em que há maior interação com a sociedade, em razão de maior demanda por inovação, necessidade de novos regimes regulatórios e multiplicação das interfaces produtor-usuário (HESSELS e LENTE, 2008)[8].

Por fim, cabe mencionar também o papel de governos como "venture capitalist" público, com estímulos à criação de fundos ou mesmo financiamentos diretos de novas empresas de base tecnológica (ETZKOWITZ, 2007: 2). Como veremos no Capítulo 3, sobre a esfera do mercado na biotecnologia no Brasil, os governos federal e paulista têm participação significativa no financiamento das empresas.

Tal modelo analítico de hélice tripla é útil, portanto, ao dar destaque aos arranjos institucionais de cada hélice e à interação entre elas, além de chamar atenção para a sobreposição de funções de empresas, universidade e governos em uma nova infraestrutura de conhecimento. A compreensão de como a hélice tripla opera pode ser pensada para o caso de como os atores das esferas mercado, ciência e Estado se articulam na biotecnologia[9]. Não cabe aqui avançar na apresentação do modelo de hélice tripla[10], mas sim trazer essa inspiração teórica e suas interfaces para auxiliar no entendimento da biotecnologia no Brasil.

---

[7] O autor cita também o caso de incubadoras de empresa no Brasil. Ver Etzkowitz (2007).

[8] Para uma discussão sobre "Modo 2", ver Gibbons et al. (1994) e Nowotny et al. (2001).

[9] Outra abordagem seria a de "anatomia do setor", utilizada por Pisano, a qual inclui: "os participantes diretos (como start-ups, empresas estabelecidas, universidades, laboratórios de pesquisa, investidores, clientes); os arranjos institucionais que conectam esses atores (mercado de capitais, mercado de know-how, mercado de produtos); e as regras que governam e influenciam como esses arranjos institucionais funcionam", como leis, regulamentações, agências de controle (PISANO, 2006: 80).

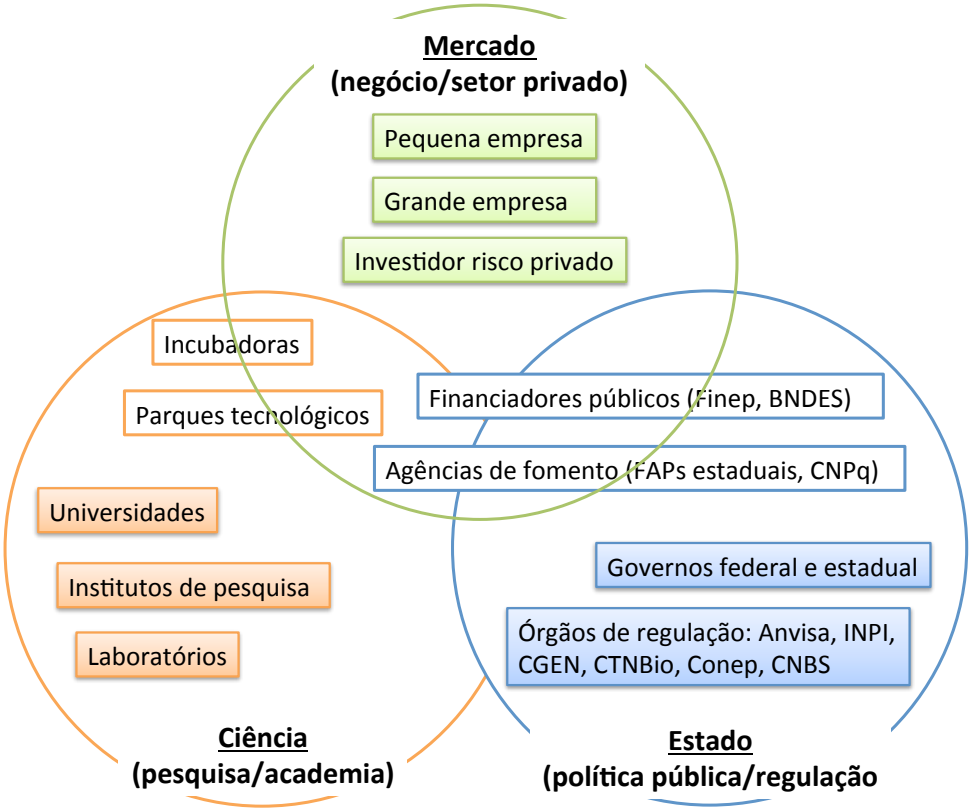
[10] Ver: ETZKOWITZ e LEYDESDORFF, 2000; ETZKOWITZ, 2008; LEYDESDORFF, 2012; LEYDESDORFF, 2001.

1.4. Estrutura de análise para a biotecnologia no Brasil

A estrutura analítica desta pesquisa se inspira na discussão apresentada acima: na ideia de estrutura de relações em rede da chamada nova sociologia econômica; nos pressupostos da economia evolucionária, especialmente a noção de sistema nacional de inovação; e na dinâmica de análise do modelo de hélice tripla.

A proposta de análise nesta tese é mais enxuta do que propõem essas três abordagens. Para compreender o fenômeno da biotecnologia no Brasil, argumentamos ser necessário analisar a articulação dos atores das esferas mercado, ciência e Estado – representadas, na Figura 1, em formas circulares em cores diferentes. Os retângulos dentro de cada esfera representam seus respectivos atores (alguns na intersecção entre duas delas), os quais são as unidades empíricas utilizadas para captar a dinâmica da biotecnologia como atividade econômica no Brasil.

Figura 1: Estrutura de análise da biotecnologia no Brasil



Fonte: elaboração própria.

Os capítulos ao longo deste texto acompanham essa estrutura analítica. No Capítulo 3, sobre a esfera mercado, o foco são as empresas de biotecnologia, abordando, quando necessário, os atores que estão na interseção (como incubadoras e órgão públicos de financiamento). No Capítulo 4, a análise é sobre a esfera da ciência e parte dos atores produtores de conhecimento científico e tecnológico na academia, ou seja, universidades, institutos de pesquisa e laboratórios especializados. E no Capítulo 5, sobre a esfera Estado, abordamos a atuação de governos nas políticas públicas para ciência, tecnologia e inovação no Brasil, a partir de programas, ações e instrumentos de apoio que se direcionam para biotecnologia, especialmente no Estado de São Paulo. Ainda nesse capítulo, observamos brevemente como a questão da regulação tem impacto na biotecnologia no Brasil.

Antes disso, no Capítulo 2, a seguir, o objetivo é definir o objeto empírico desta pesquisa: o que é biotecnologia? Ou melhor, como é possível construir uma definição de trabalho sobre o que é biotecnologia como atividade econômica, metodologicamente consistente e passível de reprodução por outros pesquisadores, principalmente a respeito do que pode ser entendido como empresa de biotecnologia.

2) Biotecnologia como atividade econômica: construção do objeto empírico

O objetivo neste capítulo é delimitar o objeto empírico de pesquisa definindo o que é biotecnologia como atividade econômica. Esse é um passo importante para lidar com um problema de saída no debate acerca de biotecnologia: sobre o que estamos falando? Nos estudos existentes, as definições utilizadas são diferentes, especialmente no que se refere ao que seria uma "empresa de biotecnologia", uma vez que a coleta de informações é variada e segue métodos distintos. O resultado é que existem conjuntos de dados muitas vezes de difícil comparação, mas que, mesmo assim, são utilizados por empresários, gestores públicos, pesquisadores e imprensa, o que torna o debate público confuso. Isso complica a compreensão sobre a biotecnologia no Brasil, e até mesmo a definição de políticas públicas e as ações conjuntas dos atores da área.

Para lidar com esse problema, desenvolvemos uma metodologia de construção do objeto e uma definição do campo de análise que são apresentadas nas seguintes seções: (2.1) Definições de biotecnologia e exemplos de atividades biotecnológicas; (2.2) Empresa de biotecnologia ou empresa com atividade biotecnológica?; (2.3) Procedimentos para estimativa do universo de empresas com atividade biotecnológica no Brasil; e (2.4) Técnicas para coleta de informação e descrição de fontes.

2.1) Definições de biotecnologia e exemplos de atividades biotecnológicas

Definir biotecnologia é um dos grandes problemas do debate público sobre o tema. Enfim, sobre o que estamos falando? Se os estudos sobre o setor privado ou sobre a produção científica são feitos em bases conceituais diferentes ou mesmo sem definições claras e passíveis de reprodução por outros pesquisadores, torna-se difícil entender sobre o que cada um está falando no debate público. Os EUA têm milhares de empresas de biotecnologia e o Brasil, apenas duas centenas. A China investe milhões em P&D em biotecnologia e o Brasil não o faz. Mas as bases são similares? As informações são comparáveis?

O objetivo desta seção é discorrer brevemente sobre o debate acerca das definições gerais de biotecnologia presentes na literatura para a contextualização do tema. Com isso, podemos pavimentar o caminho tanto para uma definição operacional

para estimar o universo de empresas no Brasil (Seção 2.2) como para organizar os dados sobre a produção científica em áreas relacionadas à biotecnologia (Capítulo 4).

De fato, é possível dizer que a biotecnologia ou o seu fundamento principal existe há tempos, uma vez que muito antes do século XX a humanidade já manipulava organismos vivos para desenvolver produtos, como nos processos de fermentação. A chamada biotecnologia tradicional, portanto, prescinde dos recentes avanços científicos dos últimos cinquenta anos.

O conjunto de conhecimentos construídos a partir da década de 1950 pela biologia molecular[11] resulta em avanços científicos singulares no que diz respeito à manipulação dos genes do seres vivos nos últimos trinta anos, que, grosso modo, se consolida na nomenclatura de engenharia genética (AZEVEDO et al., 2002).

Desde os anos 1970, portanto, no campo da biologia molecular, estava no ar algo muito novo que se espraiou para outras disciplinas, abrindo possibilidades de aumento na qualidade de vida. A manipulação dos organismos vivos em nível molecular, com a base da engenharia genética e a utilização do conhecimento especializado de diferentes áreas, seria a passagem para a chamada biotecnologia moderna.

Em termos sociais (e econômicos), a biotecnologia acabou sendo um dos guarda-chuvas escolhidos na chamada sociedade do conhecimento para dar vazão simbólica a tais mudanças científicas e tecnológicas capazes de transformar a vida de todos no que diz respeito a saúde, alimentação e energia.

Mas o que seria de fato biotecnologia quando pensamos em termos socioeconômicos? A definição da Convenção sobre Diversidade Biológica, de 1992, é bem ampla e permite a inclusão de atividades em diversas áreas: "Biotecnologia significa qualquer aplicação tecnológica que utilize sistemas biológicos, organismos vivos, ou seus derivados, para fabricar ou modificar produtos ou processas para utilização específica" (CDB, 1992).

No entanto, a biotecnologia moderna é bastante transversal e heterogênea, utiliza tecnologias e conhecimentos de diferentes áreas, cada qual com seu campo de aplicação, o que demanda especificar melhor aquilo que está incluído nessa definição. Pode estar representada em avanços na engenharia genética com consequências tanto

[11] Momento histórico da disciplina foi a publicação do artigo "Molecular Structure of Nucleic Acids" (Estrutura Molecular dos Ácidos Nucleicos), de Watson e Crick, em 1953, na revista *Nature*, em que os pesquisadores apresentam a estrutura em dupla hélice da longa molécula do DNA.

na produção de alimentos e no manejo da agricultura como nos caminhos para lidar com doenças. Trata-se nesse caso de processos físico-químicos e da produção de fármacos, enzimas e vacinas que levam a novas terapias e melhorias na saúde. Na área de energia, os biocombustíveis ganham espaço com o problema do aquecimento global e a necessidade de desenvolver fontes de energia renováveis que diminuam a dependência do petróleo e reduzam a emissão de gases de efeito estufa.

De fato, a biotecnologia pode ser vista como uma revolução científica que passa por várias disciplinas. Em outras palavras, como escreve Pisano, é uma "constelação de revoluções científicas, que passa pelos campos da biologia, bioquímica, química, ciência da computação, bioinformática, matemática, física, engenharias e os vários campos da ciência médica (imunologia e oncologia, por exemplo)" (PISANO, 2006: 11). Estão envolvidas disciplinas distintas, as quais iluminam diferentes peças do quebra-cabeça da biotecnologia.

Já segundo a publicação *Guide to Biotechnology* (BIO, 2007), em suas raízes etimológicas, biotecnologia é um termo que pode ser dividido em dois: "bio", como o uso de processos biológicos; e "tecnologia", como o modo para resolver problemas ou fazer produtos úteis (BIO, 2007). Parece óbvio, mas o termo biotecnologia ganhou outros significados. Durante os anos 1960 e 1970, o desenvolvimento da biotecnologia alcançou um ponto em que seria possível começar a trabalhar com as menores partes de organismos: suas moléculas. Então, uma definição mais apropriada da palavra em si seria: biotecnologia é o uso de processos celulares e biomoleculares para resolver problemas ou fazer produtos. Esse trabalho da Biotechnology Industry Organization sugere que podemos ter um melhor entendimento da palavra *biotecnologia* se simplesmente mudarmos o nome no singular para sua forma no plural, *biotecnologias* (BIO, 2007). Assim, biotecnologia pode ser entendida como uma coleção de tecnologias que captam atributos das células, tais como suas capacidades de produção, e manipulam suas moléculas biológicas, como o DNA e as proteínas, para atuarem em situações específicas.

A publicação lista entre as novas biotecnologias que usam células e moléculas aplicações como:

- ✓ Bioprocessamento – utiliza células vivas ou componentes moleculares para produtos;

- ✓ Anticorpos monoclonais – usa células do sistema imunológico que produzem proteínas chamadas anticorpos com moléculas biológicas desenhadas para que eles só se afixem a uma molécula;
- ✓ Cultura de células – crescimento de células fora de organismos vivos;
- ✓ DNA recombinante – junta duas partes do DNA de espécies diferentes;
- ✓ Clonagem – geração de população de moléculas, células ou plantas idênticas;
- ✓ Engenharia de proteínas – aperfeiçoamento de proteínas existentes, tais como enzimas, anticorpos e receptores celulares;
- ✓ Nanobiotecnologia – integra avanços da nanotecnologia com os da biologia molecular para produção em escala nano (BIO, 2007).

De forma a pensar as aplicações dessas biotecnologias, com o conhecimento das bases moleculares da saúde (e da falta desta), por exemplo, as técnicas e ferramentas da biotecnologia abrem novos caminhos na pesquisa para a descoberta de novas terapias e de métodos de prevenção de doenças: o uso de engenharia genética na produção de biofármacos e vacinas ou mesmo medicamentos baseados em plantas, com o enriquecimento genético de espécies; maior precisão no diagnóstico de doenças, estudos genômicos para prevenção e indicação de novas terapias; e "medicina personalizada" e regenerativa (OCDE, 2005; SILVEIRA et al., 2004).

A biotecnologia moderna impacta diretamente, também, a indústria alimentícia mediante a criação de novos produtos, diminuindo custos e melhorando os processos microbiais. É possível aumentar a qualidade, o valor nutritivo e a segurança de produtos vegetais e animais melhorando as matérias-primas (plantações resistentes a insetos, fungos ou outras pragas) e aperfeiçoando os testes de segurança (com ferramentas para detecção de microrganismos e suas toxinas).

No caso do melhoramento da saúde animal e do enriquecimento dos produtos de origem animal (inclusive na aquicultura), há o uso de tecnologias como genômica, clonagem e transgenia. Um programa de melhoramento genético de animais é o processo de cruzamento de indivíduos selecionados de espécies diferentes tendo como objetivo principal produzir descendentes de alto rendimento, ou seja, alterar a estrutura genética da população mediante o aumento dos genes desejáveis para promover características específicas, como "ganho de peso, conversão alimentar e rendimento da carcaça" (MORAES e CAPANEMA, 2012: 127).

Na produção agrícola, há técnicas biotecnológicas utilizadas desde o começo do século XX, como cultura de tecidos, fixação biológica de nitrogênio e o controle biológico, aperfeiçoadas com a engenharia genética, que permitiu a utilização de variedades de bactérias e fungos no combate a pragas (SILVEIRA et al., 2005: 101). O impacto da tecnologia do DNA recombinante com as técnicas de engenharia para transferência e modificação genética a partir dos anos 1970 na agricultura e em toda a cadeia produtiva da agroindústria é significativo, levando a mudanças no mercado de fertilizantes, sementes e insumos. Basicamente, passa a ser possível criar novas espécies a partir da transferência de genes de outras (SILVEIRA et al., 2005: 102). São ferramentas de engenharia genética para seleção de genes e melhoramento vegetal, produzindo, por exemplo, traços desejados em uma planta e transferindo-os para outra. No final dos anos 1990, começam a ser introduzidas na agricultura as sementes geneticamente modificadas[12]. O cultivo geneticamente modificado é mais comum nas culturas de soja, algodão, milho e canola.

As vantagens no uso da biotecnologia moderna na agricultura passam por diminuir a dependência de inovações mecânicas e químicas – base da revolução verde –, aumentar a produtividade, reduzir custos de produção, melhorar a qualidade dos alimentos e minimizar a agressão ao meio ambiente[13]. Nesse sentido, as principais características genéticas introduzidas desde o início são tolerância a herbicidas, resistência a insetos, vírus e pragas (o que diminui os custos com inseticidas) e qualidade do produto (SILVEIRA et al., 2005: 102).

A biotecnologia agrícola com base no melhoramento genético vegetal é um ramo bastante importante no contexto econômico e científico brasileiro, especialmente pela presença da Embrapa, líder em pesquisas e central na transferência de tecnologia para o setor agrícola – como a modificação genética de cultivares para resistência a fungos e pragas (OCDE, 2005; SILVEIRA et al., 2005).

Esse conhecimento tem impacto direto também na produção de bioenergia – como é o caso do melhoramento genético de diferentes espécies de cana-de-açúcar, que permite produzir mais etanol em um mesmo hectare de terra. Na técnica de produção já disseminada, o caldo da cana é usado na primeira geração do etanol, após

[12] O primeiro caso é o do tomate da empresa norte-americana Calgene, que inicia seus experimentos em 1986 e começa a comercialização de tomates geneticamente modificados em 1994.

[13] Há um debate complexo sobre o impacto dos resultados da transgenia no meio ambiente que não será abordado nesta tese.

a moagem. Desse processo, restam folhas e bagaço que podem ser, então, utilizados para a segunda geração, após um processo de "lavagem". O bagaço é composto de celulose, lignina e hemicelulose, em que existem mais açúcares que podem servir na produção de etanol. Na hidrólise, algumas enzimas específicas são utilizadas para quebrar as moléculas da celulose e da hemicelulose do bagaço da cana e resultam em um líquido com esses açúcares. O caldo finalmente é fermentado por leveduras que transformam os açúcares em etanol. As atividades biotecnológicas de fronteira mediante a engenharia genética buscam, além do melhoramento genético da cana, enzimas e leveduras mais adequadas a esses processos[14] (OLIVEIRA, 2012b; OCDE, 2005).

Por fim, as aplicações no meio ambiente passam pela utilização de microrganismos para tratamento de águas e solos com resíduos – a biorremediação – e para recuperação de metais, por exemplo, de rejeitos rochosos nas atividades de mineração, uma vez que bactérias e fungos se alimentam de substâncias que estão nas rochas com minério – a biolixiviação (OCDE, 2006; SCHENBERG, 2010). Além disso, as técnicas de engenharia genética podem ser usadas para melhorar a eficiência dos próprios microrganismos para essas atividades.

De forma geral, permeiam essas aplicações algumas características da biotecnologia que voltarão à nossa discussão nos capítulos seguintes desta tese: dependência da ciência básica, multidisciplinaridade, aplicações em diferentes áreas, alto custo de P&D e alto risco do negócio.

2.2) Empresa de biotecnologia ou empresa com atividade biotecnológica?

A breve reflexão sobre o que é biotecnologia, realizada sem a pretensão de propor uma nova definição conceitual, mostra a sua diversidade: trata-se de uma coleção de tecnologias que podem ser aplicadas em diferentes áreas da vida e da atividade econômica – saúde humana e animal, agricultura, energia e variados processos industriais.

Mas, quando se parte para a análise da biotecnologia como atividade econômica, para uma definição operacional de empresa de biotecnologia, a

[14] A produção atual no Brasil é de aproximadamente 25 bilhões de litros. Com o etanol de segunda geração, fazendo-se a hidrólise das pentoses do bagaço, estima-se um aumento de cerca de 5 bilhões de litros no país (OLIVEIRA, 2012).

diversidade se torna um problema. Não há um "setor de biotecnologia" nas classificações internacional ou nacional de atividade econômica, por exemplo. Ou mesmo subsetores (grupos ou classes na classificação de atividade econômica registrada oficialmente, a chamada CNAE) que possam ser selecionados das bases estatísticas para compor uma análise da biotecnologia. As empresas de biotecnologia estão espalhadas em diversas atividades econômicas. Um exercício de busca do CNPJ de empresas com aplicações biotecnológicas no Brasil e sua CNAE mostra uma variedade setorial enorme, que passa por agricultura, indústria, comércio e serviços, como: criação de animais; fabricação de produtos farmacêuticos; fabricação de produtos alimentícios; fabricação de máquinas e equipamentos; fabricação de medicamentos para uso veterinário; comércio de medicamentos; pesquisa e desenvolvimento. Não há consenso, portanto, nos sistemas nacionais de estatística dos países sobre o que compõe o setor de biotecnologia com base na CNAE (ou ISIC, nos casos internacionais).

Por isso mesmo, o debate público sobre a biotecnologia como um setor de atividade econômica é confuso. São utilizadas diversas definições e realizadas comparações por vezes descabidas, justamente porque utilizam definições diferentes.

No Brasil, os principais estudos sobre o chamado setor privado de biotecnologia são realizados pela Biominas Brasil, uma importante organização de fomento ao negócio da biotecnologia no Brasil. No primeiro deles, de uma série de quatro edições, em 2001, foram identificadas 304 empresas utilizando uma definição genérica de biotecnologia, que incluía empresas de "equipamentos industriais" e outras "em áreas de sinergia e afinidade" (BIOMINAS, 2001: 5).

Já no estudo de 2007, bem mais rigoroso em termos metodológicos do que o primeiro, foi utilizada a definição de empresa de biotecnologia de Hodgson (2006), disseminada pela publicação *Nature Biotechnology* – que veremos a seguir –, e o número a que se chegou de empresas de biotecnologia no Brasil foi 71. No entanto, essas 71 empresas estariam entre 181 empresas de "biociências ou ciências da vida", grupo que basicamente inclui também aquelas relacionadas à biotecnologia, mas que não têm aplicação tecnológica que utilize organismos vivos como atividade principal (BIOMINAS, 2001). O estudo menciona exemplos como empresas de "ensaios pré-clínicos e clínicos" e aquelas que "comercializam kits de diagnóstico" ou "equipamentos laboratoriais de pesquisa" (BIOMINAS, 2007: 15), mas não fornece

parâmetros para determinar quais seriam outras "atividades relacionadas" que poderiam ser consideradas como biociências.

No trabalho de 2009, a análise já é toda baseada na noção de biociências, definida como o conjunto de 253 empresas que têm como "ponto comum o desenvolvimento de produtos e serviços baseados nos avanços recentes do conhecimento sobre os processos e sistemas biológicos" (BIOMINAS, 2007: 10). A explicação não fundamenta uma definição com parâmetros claros de empresa de biociências e, além disso, o termo aparece combinado à definição em lista da OCDE, que, como discutiremos a seguir, é para empresas de biotecnologia. Por fim, no interessante estudo de 2011, realizado em parceria com a Price Waterhouse Coopers, a mesma estratégia foi utilizada, porém, além de tratar de 271 empresas de biociências, o trabalho menciona 143 empresas de biotecnologia.

Outro exemplo de tentativa de criar um conjunto de empresas é o trabalho de Bianchi (2011; 2012). Baseado em um esforço de elaboração próprio, consultando diversas fontes, Bianchi chega a 175 empresas que usam ou produzem algum tipo de produto ou processo biotecnológico e que fazem parte do que ele chama de indústria de biotecnologia. Desse conjunto, 92 empresas podem ser classificadas como "dedicated biotech firms" – aquelas empresas cuja atividade principal está relacionada ao uso intensivo ou desenvolvimento de biotecnologias modernas (BIANCHI, 2011; BIANCHI, 2012). Além da Biominas, o autor utiliza fontes como ABDI, ENCONIT–Biotec I 2009 e BiotecSur Project para a construção do banco de dados (BIANCHI, 2011: 14).

Com estratégia bastante diferente dos casos mencionados acima, a Fundação Seade publicou em 2010 um amplo estudo baseado na sua pesquisa "Mapeamento das atividades ligadas às áreas das ciências da vida humana, saúde e biotecnologia na Cidade de São Paulo". Evidentemente, dada a diferença no escopo, não é possível comparar os seus resultados com os números de empresas de biotecnologia apresentados anteriormente. A instituição se baseou em "quatro dimensões (prestação de serviços em saúde, formação, P&D e produção)" e optou por utilizar na parte econômica uma "perspectiva ampliada sobre a ideia de complexo industrial da saúde" (GADELHA, 2003), incluindo comércio de medicamentos e seguros e planos de saúde (SEADE, 2010: 13). Utilizou, portanto, a classificação nacional de atividade econômica (CNAE), incluindo diversas atividades industrias, do comércio e de serviços relacionadas à saúde como baliza para seleção das informações sobre o setor

privado das ciências da vida (SEADE, 2010). A biotecnologia aparece como tema no estudo, mas sem possibilidade de desagregação passível de comparação com outros estudos.

Aqui nesta pesquisa, é necessário, portanto, buscar uma definição operacional para empresa de biotecnologia que ajude na construção do objeto empírico da tese. Tal tarefa, como se vê, não é fácil. Não há nomenclaturas e convenções estatísticas reconhecidas na literatura. A estratégia, então, precisa ser mais heterodoxa, mas, ao mesmo tempo, devemos buscar uma definição que seja a mais objetiva possível, capaz de ser entendida e replicada por outros que venham a estudar a biotecnologia como atividade econômica e que seja passível de diálogo com estudos internacionais. A intenção é estabelecer parâmetros claros, sempre discutíveis evidentemente, porém capazes de estabelecer limites e que possam ser utilizados quase como um protocolo. Ou seja, tentar contribuir para a construção de uma estrutura estatística para a coleta de dados passível de replicação e comparação.

Nesse sentido, uma das definições que sobressaem na literatura sobre o tema é a de Hodgson, difundida pela revista *Nature Biotechnology* e utilizada pela Biominas no seu estudo de 2007. Segundo seus parâmetros de classificação, "uma empresa de biotecnologia é aquela que tem como atividade comercial principal a aplicação tecnológica que utilize organismos vivos, sistemas ou processos biológicos, na pesquisa e no desenvolvimento, na manufatura ou na provisão de serviços especializados" (HODGSON, 2006)[15].

Trata-se de uma definição que chama atenção para as firmas que têm a biotecnologia como atividade principal, ou seja, que desenvolvem produtos e processos eminentemente biotecnológicos. Ela exclui empresas que não têm biotecnologia como atividade comercial principal, além de consultorias, empresas de bioinformática, serviços prestados à biotecnologia, aquelas que comercializam produtos biotecnológicos e fornecedores.

Outra definição difundida na literatura especializada é aquela utilizada pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). A OCDE parte da seguinte definição geral de biotecnologia: "aplicação de ciência e tecnologia em organismos vivos, assim como partes, produtos e modelos, para alterar materiais vivos para a produção de conhecimento, bens e serviços" (OCDE, 2006: 7). Como a

[15] Ver também: "Public biotechnology 2005 – the numbers", de Riku Lahteenmaki & Stacy Lawrence (*Nature Biotechnology* 24:625-634, 2006).

própria instituição diz, essa é uma definição deliberadamente ampla, que cobre a biotecnologia moderna, mas também a tradicional e atividades na fronteira entre elas.

De algum modo, tal definição serve mais para contextualizar de forma geral a biotecnologia, pois a OCDE sugere outra forma mais específica para definir uma empresa de biotecnologia – o foco para esta pesquisa de doutorado neste momento. Na verdade, são diferentes definições, uma vez que as empresas de biotecnologia podem ser divididas em três tipos, conforme a explicação a seguir e a Figura 2:

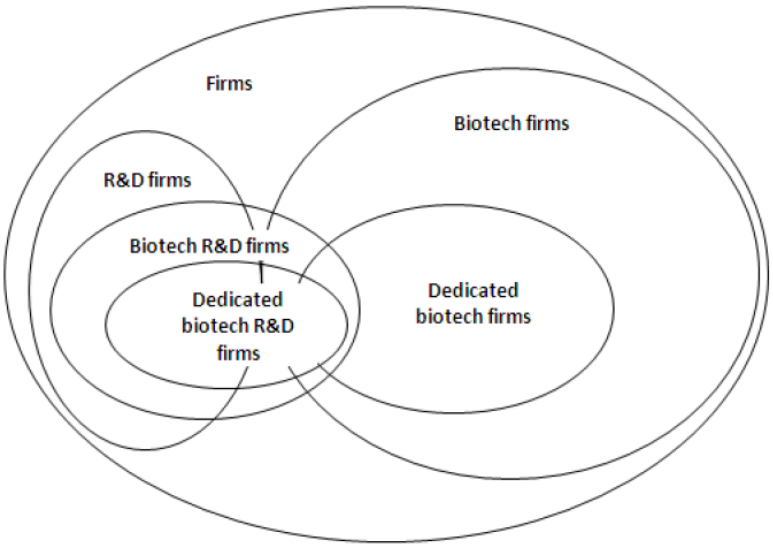
"*1) Biotechnology firm: defined as a firm engaged in biotechnology* ***using at least one biotechnology technique*** *to produce goods or services and/or to perform biotechnology R&D. Some of these firms may be large, with only a small share of total economic activity attributable to biotechnology.*

And there are two subgroups of biotechnology firms, largely defined by the data collection method.

2) Dedicated biotechnology firm: defined as a biotechnology firm whose ***predominant activity*** *involves the application of biotechnology techniques to produce goods or services and/or to perform biotechnology R&D.*

3) Biotechnology R&D firm: defined as a firm that ***performs biotechnology R&D****. Dedicated biotechnology R&D firms, a subset of this group, are defined as firms that devote 75% or more of their total R&D to biotechnology R&D*" (OCDE, 2009).

Figura 2: Definições de empresa de biotecnologia da OCDE



Fonte: *OECD Biotechnology Statistics* – 2009 (OCDE, 2009).

Segundo a OCDE, os grupos 2 e 3 utilizam a ideia de "core biotech-firm", ou seja, contemplam empresas que realizam P&D em biotecnologia e/ou nas quais a biotecnologia é a atividade principal (OCDE, 2006: 8). É uma definição mais próxima daquela difundida pela revista *Nature Biotechnology* citada acima.

Já o grupo 1 traz uma definição que se baseia na ideia de que a biotecnologia pode ser vista como um grupo de biotecnologias relacionadas. Daí deriva a noção de "firms with biotech activities", ou seja, empresas com alguma atividade biotecnológica, mesmo que seja parte menor em seu negócio ou em sua atividade como um todo (OCDE, 2006: 8). Por exemplo, a tecnologia de DNA recombinante tem muitas aplicações: pode ser usada para produzir grandes moléculas para uso na indústria farmacêutica; para criar novas variedades de cultivares no setor agrícola; ou ainda gerar microrganismos que produzem enzimas industriais para a indústria química (OCDE, 2005: 6). Isso permite chamar de empresa de biotecnologia uma farmacêutica com um portfólio de produtos majoritariamente de síntese química, mas com o desenvolvimento de um novo produto biotecnológico. Ou uma usina de cana-de-açúcar que produz etanol mediante processos consagrados, mas que passou a desenvolver P&D para etanol de segunda geração.

E quais seriam tais atividades para definir uma empresa de biotecnologia? Consagrada internacionalmente[16], a base para a definição da OCDE é uma lista de atividades biotecnológicas descritas no Quadro 1, a seguir.

Comparada à de Hodgson, essa definição é menos restrita e permite abarcar um número maior de empresas por prescindir da ideia de atividade principal. Isto é, podem ser selecionadas como sendo de biotecnologia empresas que desenvolvem pelo menos uma atividade biotecnológica entre aquelas na lista, mesmo que isso represente parte minoritária de seu negócio. Além disso, a definição da OCDE limita o universo a empresas com atividades em biotecnologia moderna e inclui outras fundamentais, como as de bioinformática – excluídas na definição da *Nature Biotechnology*.

[16] No Brasil, o estudo de 2009 da Fundação Biominas usa tal classificação, mas não explicita o método de seleção das empresas e acaba utilizando a denominação "empresas de biociências", que seria equivocada ao utilizar a definição em lista da OCDE.

Quadro 1: Definição em lista da OCDE com base em técnicas de biotecnologia

DNA/RNA: genômica, farmacogenômica, sondas genéticas, engenharia genética, sequenciamento, síntese e amplificação de DNA e RNA, perfil de expressão gênica.

Proteínas e outras moléculas: sequenciamento, síntese e engenharia de proteínas e peptídeos, melhoramento dos métodos de disponibilização de drogas contendo moléculas grandes, proteômica, isolamento e purificação de proteínas, sinalização, identificação de receptores celulares.

Cultura de células e tecidos e engenharia: cultura de tecidos e células, engenharia de tecidos (incluindo estruturação de tecidos e engenharia biomédica), fusão celular, vacinas e estimulantes imunológicos, manipulação de embriões.

Técnicas de processo industrial: fermentação usando biorreatores, bioprocessamento, biolixiviação, biopolpamento, bioclareamento, biodessulfurização, biorremediação, biofiltração e fitorremediação.

Vetores gênicos e de RNA: terapia genética, vetores virais.

Bioinformática: Construção de bases de dados sobre genomas, sequências de proteínas, modelagem de processos biológicos complexos, incluindo biologia de sistemas.

Nanobiotecnologia: aplica-se as ferramentas e processos de nano e microfabricação para construir dispositivos para estudar biossistemas e aplicações na disponibilização de drogas, diagnósticos etc.

Fonte: OCDE (2005). Quadro de Estatísticas Biotecnologia. Tradução do autor.

A definição em lista é clara e se mostra útil para tentar construir bases de informações sobre empresas em diferentes países e que sejam passíveis de comparação[17]. Sendo assim, assumimos essa definição da OCDE como base para a coleta de dados sobre as empresas no Brasil nesta pesquisa de doutorado. Serão consideradas empresas de biotecnologia nesta análise todas aquelas com pelo menos uma atividade biotecnológica da lista da OCDE[18].

Por fim, para completar os critérios de seleção de empresas com atividades biotecnológicas, consideramos também consultorias especializadas em biotecnologia e as chamadas "contract research organizations" (CROs), que são empresas contratadas para realizar atividades relacionadas a ensaios pré-clínicos e testes

[17] Para críticas às publicações da OCDE baseadas nessas definições, ver Miller (2007). O autor argumenta que os *surveys* sobre empresas nos diferentes países se baseiam em diferentes definições de biotecnologia no momento da coleta, e mesmo assim a OCDE se permite comparar. Além disso, ele critica a própria lista de atividades biotecnológicas.

[18] É importante mencionar que a interpretação das atividades das empresas consultadas tendo como base a lista de atividades da OCDE carrega algum caráter de subjetividade. Com isso, o número exato de empresas pode ter pequenas variações quando a sequência de técnicas de pesquisa executada de modo mais objetivo possível for utilizada por outros pesquisadores.

clínicos, porque são *players* importantes na rede produtiva da biotecnologia e especialmente no desenvolvimento da área de saúde humana.

Por outro lado, acompanhando a OCDE, lembramos que o escopo da definição não abrange o uso final dos produtos biotecnológicos[19], ou seja, não estão incluídas as empresas que adquirem produtos biotecnológicos e os utilizam. Por exemplo, aquelas que comercializam medicamentos produzidos com técnicas biotecnológicas ou agricultores que plantem utilizando sementes geneticamente modificadas (OCDE, 2005).

Na ausência de consenso entre órgãos de estatística nacionais e internacionais sobre critérios de definição do que é uma empresa de biotecnologia, entendemos que seja melhor utilizar definições reconhecidas e utilizadas internacionalmente. É fundamental, também, ter critérios rigorosos, claros e bem definidos para a estimativa da população de empresas e para que o acompanhamento da biotecnologia como atividade econômica possa ser feito de forma coerente ao longo dos anos e também por outros pesquisadores.

2.3) Como estimar o universo de empresas com atividade biotecnológica no Brasil?

Uma vez escolhida a lista de atividades da OCDE como definição de trabalho a ser utilizada, o passo seguinte é dimensionar a população de firmas de biotecnologia no Brasil e, consequentemente, em São Paulo. Com o intuito de encontrar o maior número possível de empresas e de abarcar um amplo espectro da produção biotecnológica nacional e paulista, foram utilizadas diversas fontes secundárias e técnicas de busca.

---

[19] Sobre as fronteiras entre atividades biotecnológicas principais e uso final, ver OCDE, 2005: "The boundary between key activities and some end uses will not always be clear. This is likely to be especially true for some biotechnology processes with applications across a range of industries (for instance, environmental remediation or pollution control activities). In such cases, the activity is an end use if it requires the simple purchase of biotechnology products (which could be either goods or services). For instance, if a mining company employs a contractor to clean up a mine site and the contractor uses biotechnology products to achieve that, then the mining company would be considered to be an end user. If a municipal authority treats sewage with biotechnology-produced enzymes purchased from a biotechnology firm, then the authority is also an end user. Similarly, the use of biotechnology inputs (such as GM crops) by a manufacturer may require changes to the production process, but the manufacturer is still an end user if the production process does not itself use biotechnology".

É importante lembrar, como mencionado anteriormente, que as empresas de biotecnologia estão distribuídas em inúmeros setores na classificação nacional de atividades econômicas (CNAE). Isso impede a utilização desse instrumento mais comum na construção de população de empresas para pesquisas e análises, mediante a seleção de divisões, grupos e classes da CNAE, pois estaríamos superestimando a população de empresas de biotecnologia se fossem selecionadas, por exemplo, todas aquelas nos códigos referentes a "Horticultura" (0122), "Fabricação de medicamentos para uso humano" (2121), "Fabricação de medicamentos para uso veterinário" (2122) ou "Pesquisa e desenvolvimento em ciências físicas e naturais" (7210). Isso porque sabemos que há empresas de biotecnologia nessas classes, porém é, provavelmente, muito maior o número de empresas que não desenvolvem alguma atividade biotecnológica nesses grupos. Para evitar esse equívoco de construir um banco de empresas que estaria longe da população de firmas com atividades biotecnológicas, o caminho escolhido para esta pesquisa foi outro: buscar exatamente as empresas de biotecnologia em outras fontes.

Feita essa ressalva, primeiramente, foram pesquisadas listas de firmas de biotecnologia, biociências, ciências da vida ou bioeconomia compiladas por diferentes instituições e com fins distintos. A publicação *Brazil Biotech Map 2011* (CEBRAP, 2011), assim como os estudos da Fundação Biominas (BIOMINAS, 2007; BIOMINAS, 2009; BIOMINAS e PwC, 2011) e seu diretório de empresas foram essenciais na coleta de nomes, já que são as publicações mais completas sobre o tema no Brasil. As listas de empresas em programas e editais de subvenção de órgãos de governo e agências de fomento, como Finep, Fapesp, CNPq, BNDES e Ministério da Saúde, também foram consultadas, como será detalhado na Seção 2.4 deste capítulo.

Em segundo lugar, foram utilizadas como fontes de informação os websites e publicações de instituições ligadas a biotecnologia, como associações (BrBiotec, Bio-Rio), incubadoras (como Cietec, Supera, Propspecta, Inova Unicamp, entre outras), diversas universidades, centros de pesquisa e ICTs, além de empresas que se inscreveram na BIO Convention dos últimos anos (2010 a 2012).

Complementarmente, foram consultadas, também, publicações científicas (como a *Nature Biotechnology*) e notícias em jornais e revistas. Nesse caso, foi realizada, por exemplo, uma busca sistemática utilizando palavras-chave da lista da OCDE em edições da revista *Pesquisa Fapesp*, de 2008 a 2013 – como será explicado a seguir, na Seção 2.4.

Por fim, a presença deste pesquisador em fóruns, seminários, eventos e comitês relacionados a biotecnologia e as conversas com especialistas na área também ajudaram na coleta de informações sobre as empresas ao longo dos anos desta pesquisa.

Com a lista de nomes em mãos, foi possível então realizar o refinamento do cadastro amplo de empresas com o intuito de identificar aquelas que realmente podem ser enquadradas como sendo empresas de biotecnologia com base nos critérios escolhidos previamente – a lista de atividades da OCDE[20]. Cada uma das empresas foi pesquisada via internet, com acesso tanto a seu website institucional como a notícias e informações relacionadas por meio de buscas via Google.com. A leitura das seções sobre "produtos", "pesquisa e desenvolvimento", "inovação tecnológica" ou mesmo notícias permitia analisar se suas atividades correspondiam àquelas de biotecnologia listadas pela OCDE.

As empresas foram, então, distribuídas em áreas de atuação, considerando sempre em qual área seus principais produtos, processos ou serviços são utilizados[21]:

- ✓ **Agricultura:** melhoramento genético de sementes e plantas, controle de pragas, fertilizantes de microrganismos; inclui empresas de alimentos.
- ✓ **Bioenergia:** pesquisa em etanol e biodiesel, leveduras e enzimas; inclui apenas as usinas de cana-de-açúcar e etanol que fazem pesquisa utilizando técnicas biotecnológicas, como engenharia genética para o desenvolvimento de novas leveduras e enzimas para a produção de etanol e o próprio processo de produção de etanol celulósico.
- ✓ **Insumos/Serviços**: reagentes, principalmente enzimas (utilizadas em diferentes setores), e kits de diagnóstico (para saúde humana e animal);

[20] O início desse trabalho de seleção de empresas teve a participação imprescindível de Denise Golgher, Rafael Grilli e Any Bittar durante a pesquisa *Brazil Biotech Map 2011*, da qual fiz parte. Naquela pesquisa foi feito contato com cerca de 240 empresas solicitando a resposta a um questionário online, entre março e maio de 2011. Além de seus dados gerais (endereço, produtos e área de atuação), a empresa foi perguntada sobre temas como: faturamento, colaboradores, relação com incubadora, exportação, importação, interação com universidades e centros de pesquisa, utilização de recursos públicos para P&D e patentes. Foi utilizada também a técnica de "bola de neve", em que o respondente da empresa era solicitado a citar outros nomes de empresas que considerasse de biotecnologia. Cada novo nome era checado pela internet, até que as repetições de nomes indicaram que a população de empresas do setor estava próxima de estar completa com a definição utilizada naquela época. O banco de dados de empresas foi totalmente refeito em 2012 e 2013 para esta pesquisa de doutorado, utilizando algumas informações do levantamento de 2011.

[21] Essa classificação de áreas de atuação se inspira em outras já existentes. Ver BIOMINAS, 2007, o primeiro estudo nacional com uma boa definição setorial para biotecnologia e áreas de atuação de empresas, BIOMINAS, 2009 e CEBRAP, 2011.

foram incluídas empresas de serviços como diagnóstico molecular utilizando técnicas biotecnológicas, CROs (Contract Research Offices) e bioinformática.

- ✓ **Meio ambiente:** biorremediação, tratamento biológico de resíduos, e biolixiviação, utilização de microrganismos para recuperar metais de rejeitos rochosos.
- ✓ **Saúde animal:** vacinas, melhoramento genético, clonagem, transferência de embriões.
- ✓ **Saúde humana:** contempla vacinas, proteínas recombinantes, anticorpos, materiais para próteses, meios de cultura, antígenos, terapia celular, fármacos, novas moléculas e medicamentos biológicos.

Como já mencionado, as únicas exceções em relação à definição em lista da OCDE foram as inclusões de consultorias especializadas em biotecnologia e dos chamados CROs na população de empresas de biotecnologia.

Além disso, vale lembrar que foram incluídas, em saúde humana, as empresas farmacêuticas que realmente estejam desenvolvendo produto ou processo em biotecnologia e também multinacionais de biotecnologia baseadas no Brasil com operações que vão além de representações e escritórios comerciais, como produção ou mesmo P&D. Tais informações foram verificadas nos websites institucionais das empresas, em notícias na imprensa especializada e em pesquisas como o *Brazil Biotech Map 2011* (CEBRAP, 2011) e os estudos da Fundação Biominas (BIOMINAS, 2009 e BIOMINAS e PwC, 2011).

Todo esse trabalho de construção de um banco de dados sobre empresas de biotecnologia teve início em 2011 e foi sendo refeito, aperfeiçoado e complementado até o final de 2013. Portanto, as informações que serão apresentadas e analisadas a respeito do conjunto de empresas com atividades biotecnológicas compreendem esse período 2011-2013. Isso será mais bem explicado no Capítulo 3 desta tese, quando cada uma das informações for apresentada.

2.4) Técnicas para coleta de informação e descrição das fontes

A busca das informações utilizadas ao longo desta pesquisa, incluindo aquelas para a construção do banco de empresas com atividades biotecnológicas descrito

acima, foi realizada em diversas fontes utilizando variadas técnicas. A maior parte das informações para esta pesquisa de doutorado foi coletada em fontes secundárias.

No caso do nome das empresas e suas informações sobre localização (município), áreas de atuação, ano de fundação, porte, interação com universidades e institutos de pesquisa, financiamento público para PD&I e propriedade intelectual, as fontes principais foram o *Brazil Biotech Map 2011* (CEBRAP, 2011) e os estudos da Fundação Biominas (BIOMINAS, 2009 e BIOMINAS e PwC, 2011).

As edições da revista *Pesquisa Fapesp* do período de 2011 a 2013 foram consultadas, com busca por palavra chave ("biotecnologia") e leitura de todos as edições em busca de reportagens sobre temas relacionados a biotecnologia e organizados na revista em seções como agronomia, biodiversidade, bioenergia, biologia celular, farmacologia, imunologia, genética, biocombustíveis, engenharia genética. Foi uma importante fonte para: a coleta de informações para o banco de empresas com atividades biotecnológicas; exemplos de empresas e instituições com pesquisas em biotecnologia e casos para análise; e conteúdo sobre políticas públicas de fomento à pesquisa na área.

Outras publicações da imprensa, como os jornais *Folha de S.Paulo*, *O Estado de São Paulo* e *Valor Econômico*, também serviram de fonte em buscas sistemáticas por palavras-chave (biotecnologia, por exemplo). E aleatoriamente foram consultadas publicações especializadas, que serão citadas ao longo do trabalho com remissão às referências bibliográficas.

As incubadoras de empresas e os parques tecnológicos foram outra fonte de informação bastante importante quando se tratou da busca por nomes de empresas e também de informações sobre elas. Foi realizada uma pesquisa sistemática, com checagem de todas as empresas nos sites das seguintes instituições: BIO-RIO – Polo de Biotecnologia do Rio de Janeiro; CDT/UnB – Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Universidade de Brasília; CENTEV – Incubadora de Empresas de Base Tecnológica (Universidade Federal de Viçosa); CIETEC – Centro de Inovação, Empreendedorismo e Tecnologia; HABITAT – Biominas Brasil; INCAMP – Incubadora de Empresas de Base Tecnológica da Universidade Estadual de Campinas; INOVA – Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG); PADETEC – Parque de Desenvolvimento Tecnológico da Universidade Federal do Ceará; POSITIVA – Incubação e Inovação Tecnológica (UFPE); PROSPECTA – Incubadora de Empresas e Projetos Tecnológicos de Botucatu; SUPERA – Incubadora de

Empresas de Base Tecnológica; TECNOPUC – Parque tecnológico da PUC Rio Grande do Sul; UNITECNE – Incubadora de Tecnologia e Negócios da Uniube; Incubadora Tecnológica de Maringá.

O website da Finep também foi amplamente consultado. Primeiramente, com o interesse de verificar os instrumentos de apoio à inovação disponíveis a empresas e institutos de ciência e tecnologia, discutidos no Capitulo 5. Outro objetivo se refere ao levantamento de nomes de empresas com atividades biotecnológicas e informações sobre elas, com a checagem de todos os relatórios disponíveis com resultados de editais de subvenção e outros específicos, como PAISS, produtos biotecnológicos, Inova Saúde, Inova Agro, entre outros.

A pesquisa foi realizada de duas formas. Para aquelas empresas que já constavam em nosso banco de dados, foi colocado o nome da empresa no campo "Busca geral: busca em todo o site com ferramenta Google", que então remetia ao relatório de resultado da concessão (caso ela tivesse sido contemplada). Assim obtivemos a informação sobre a concessão do recurso. Em segundo lugar, as empresas que estavam nos relatórios (obtiveram algum tipo de concessão) mas ainda não constavam no banco e eram de áreas afins a biotecnologia (saúde, bioenergia, agricultura, por exemplo) foram pesquisadas na internet para checar se poderiam ser incluídas no banco de dados de biotecnologia, seguindo os parâmetros apresentados nas Seções 2.2 e 2.3.

O website do CNPq foi consultado em busca dos resultados de chamadas públicas para o Programa de Formação de Recursos Humanos em Áreas Estratégicas (RHAE). Foram analisados todos os resultados desde 2008[22] em busca de nomes de empresas da área de biotecnologia e, consequentemente, da informação sobre se a empresa recebeu o benefício. Aquelas que ainda não constavam no nosso banco de empresas para este doutorado foram pesquisadas na internet e incluídas no banco caso se enquadrassem na lista de atividades da OCDE. Para aquelas que já estavam no banco, a informação da concessão do RHAE foi adicionada.

Atividade similar foi realizada de forma sistemática no website da Fapesp, em especial na sua "biblioteca virtual", que permite consulta a todos os processos de

[22] A pesquisa abrange do edital mais recente até o edital MCT/SETEC/CNPq Nº 032/2007, com divulgação em 28/07/2008. Ver http://www.cnpq.br/web/guest/chamadas-publicas?p_p_id=resultadosportlet_WAR_resultadoscnpqportlet_INSTANCE_0ZaM&filtro=resultados&buscaModo=textual&tmp=1391309140493 (último acesso em 2/fev/2014).

apoio realizados pela instituição. Nesse caso, a atenção principal foi dada à coleta de informações sobre os programas PIPE e PITE, cujas informações permitiram a construção de outros dois bancos de dados. O detalhamento da coleta bem como as informações disponíveis serão detalhadas nos Capítulos 3 e 5.

Outros dois bancos de dados de grande porte foram preparados para utilização nesta pesquisa de doutorado. O primeiro é o banco de programas de pós-graduação, cujos dados são coletados e organizados pela Capes. Ele abrange todas as áreas de pesquisa da pós-graduação e traz informações como número docentes, mestres e doutores matriculados e titulados. O segundo é o diretório de grupos de pesquisa do CNPq, cuja preparação demandou o desenvolvimento de uma metodologia para seleção dos grupos de pesquisa em biotecnologia. Os dois casos serão detalhados no momento da apresentação dos resultados, no Capítulo 4 desta tese.

Foi realizada também uma pesquisa documental em busca das políticas públicas de ciência, tecnologia e inovação relacionadas ou direcionadas à biotecnologia no Brasil. Nesse sentido, os websites dos ministérios de Ciência, Tecnologia e Inovação, da Saúde, do Desenvolvimento, Indústria e Comércio, da Agricultura e do Meio Ambiente foram consultados, além daqueles de órgãos como Finep, CNPq, Fapesp e BNDES, já citados, e ABDI, CGEE e Embrapa. Nesse tema foi muito importante também a revisão bibliográfica realizada em publicações acadêmicas e técnicas de diversas instituições.

De modo a complementar a coleta de informações para esta pesquisa foram realizadas dez entrevistas qualitativas com empresários, pesquisadores, gestores públicos e advogados envolvidos com biotecnologia, cujos nomes serão mantidos em sigilo de acordo com o combinado durante os encontros. O roteiro utilizado foi o seguinte:

- Financiamento para pesquisa, desenvolvimento e inovação:
    - Como avalia as políticas de PD&I para sua área nos últimos dez anos? Quais os problemas para utilização dos instrumentos existentes? Quais as demandas e o que deve melhorar?
- Propriedade intelectual e legislação para inovação:
    - Quais os problemas em termos de propriedade intelectual? O que deve melhorar?
- Práticas científicas e gestão da inovação:

- Como avalia as parcerias universidade/empresa? Quais os problemas? Como lidar com a dupla função pesquisador doutor/empreendedor? Como avalia a contratação de mestres e doutores para trabalhar no setor privado? Há problemas de adaptação e de formação?

Por fim, é importante mencionar a coleta aleatória de informações mediante observação e participação em seminários, eventos e reuniões sobre o tema[23].

[23] É importante esclarecer que em janeiro de 2013 fui convidado a fazer parte do Comitê da Cadeia Produtiva de Biotecnologia (Combio) da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP). A participação não se caracteriza como vínculo profissional, não é remunerada e não limita a independência do trabalho deste pesquisador nesta tese. A experiência foi, na verdade, enriquecedora, uma vez que me permitiu fazer parte de um fórum de discussão qualificado sobre biotecnologia e estar em contato com empresários e pesquisadores especialistas no tema.

3) O mercado da biotecnologia no Brasil

Este capítulo apresenta a esfera do mercado da biotecnologia no país, tendo como foco o Estado de São Paulo. A discussão central do capítulo é sobre as características das empresas e a dinâmica de sua articulação aos atores das outras duas esferas (ciência e Estado) e a atores na intersecção das esferas, como as incubadoras, além da própria articulação entre empresas grandes e pequenas.

A apresentação dos dados quantitativos sobre o conjunto de empresas – produzidos a partir do banco construído com a definição da OCDE discutida no Capítulo 2 – será combinada a exemplos de como atividades biotecnológicas de algumas empresas mobilizam os atores das esferas ciência e Estado para o desenvolvimento de pesquisas e produtos.

Nesse sentido, os temas explorados nas seções a seguir são: (3.1) distribuição territorial e as diferentes áreas de atuação das empresas, mostrando aspectos da dinâmica do mercado e a dificuldade em falar de um "setor de biotecnologia"; (3.2) ano de fundação, porte dos empreendimentos e propriedade, destacando a proporção majoritária de jovens empresas pequenas formadas por pesquisadores, mas também a importância das grandes empresas; (3.3) relacionamento das firmas com universidades e institutos de pesquisa, apresentando a relevância de tal articulação para o desenvolvimento do conhecimento em biotecnologia; (3.4) investimentos e financiamento público para P&D, explicitando a dependência das empresas com atividades biotecnológicas dos recursos públicos para inovação.

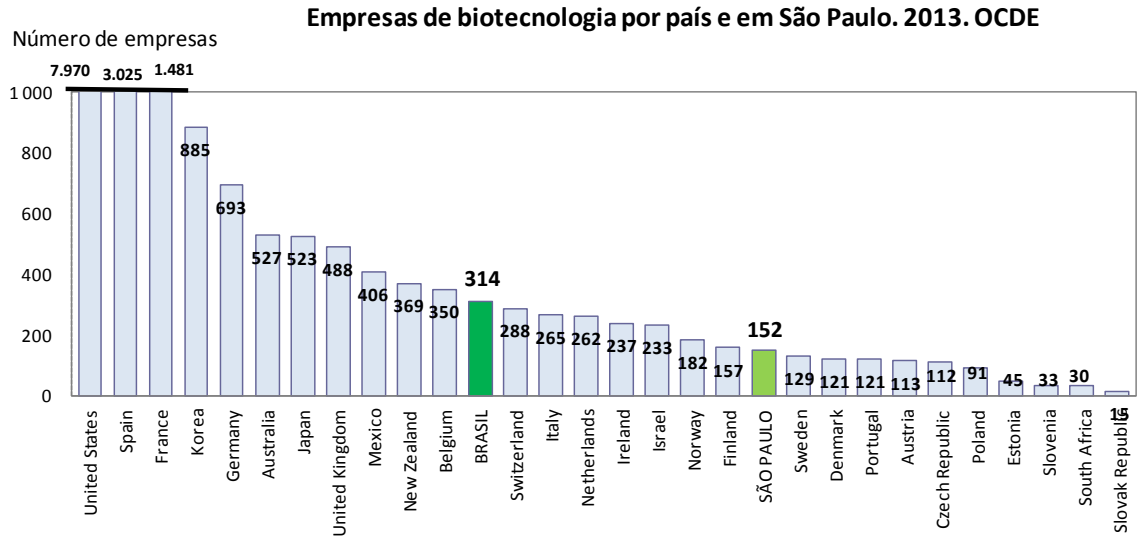
3.1) Empresas com atividades biotecnológicas no Brasil: concentração no Estado de São Paulo e áreas de atuação muito diferentes

A metodologia descrita no capítulo anterior foi aplicada para estimar o universo de empresas com atividades biotecnológicas no Brasil, e o resultado é uma população de 314 firmas em 2013, sendo 152 localizadas em São Paulo[24].

[24] Durante a pesquisa *Brazil Biotech Map 2011* (CEBRAP, 2011), realizada pelo Cebrap em parceria com a BrBiotec e com financiamento BIO-RIO/Apex, o universo era de 237 empresas. Conforme explicado no Capítulo 2, para esta pesquisa de doutorado, um novo banco de dados foi preparado ao longo de 2012 e 2013, utilizando algumas informações do *Brazil Biotech Map 2011* e outras coletadas em fontes secundárias – websites das empresas, incubadoras, agências de fomento, órgãos de governo, publicações especializadas, entre outras – e em contato direto com firmas, em eventos e entrevistas presenciais. As informações apresentadas ao longo deste capítulo se referem a uma amostra

Segundo o último levantamento da OCDE, lançado em junho de 2013, com informações de 31 países referentes aos anos de 2009 a 2012 (dependendo do país), o Brasil ficaria em 12º lugar em número de "empresas de biotecnologia" – o Estado de São Paulo estaria em 20º lugar –, conforme mostra o Gráfico 1. O Brasil aparece atrás de EUA (com 7.970 empresas), Espanha, França, Coreia do Sul, Alemanha, Austrália, Japão, Reino Unido, México, Nova Zelândia e Bélgica[25] (OCDE, 2013). É importante lembrar que China, Índia e Rússia não foram incluídos nesse levantamento.

Gráfico 1



Fonte: OCDE, 2013. Adaptação do autor para incluir Brasil e São Paulo, 2013.

Os dados são coletados por *surveys* nacionais, dependem das condições locais de coleta e devem ser usados com cuidado. Mesmo assim, permitem a comparação, pois, para todos os países, é utilizada a definição em lista da OCDE – a mesma adotada para o levantamento de empresas realizado para esta tese. O Brasil aparece,

intencional, e não aleatória e probabilística, uma vez que não houve sorteio das empresas para o preenchimento das informações. De forma a atestar a qualidade do banco utilizado nesta tese, foram realizados testes de consistência e procedimentos estatísticos para uma nova amostragem de modo que o banco de dados pudesse ser utilizado para o Estado de São Paulo. Os resultados foram positivos, e a opção escolhida foi apresentar para cada tema o número de empresas com informação e o percentual válido junto ao gráfico ou tabela. Justamente por não ser possível coletar todas as informações para todas as empresas, o "N" pode variar entre os gráficos.

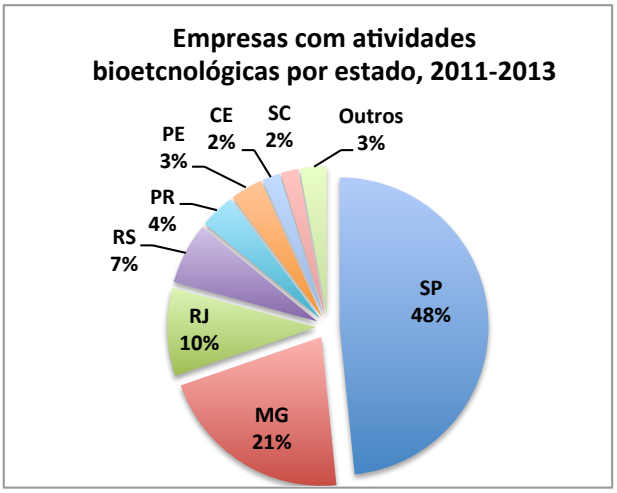
[25] Para mais detalhes sobre a definição de empresa de biotecnologia, ver o Capítulo 2 e OCDE, 2013: "Biotech active firms are defined as a firm engaged in key biotechnology activities such as the application of at least one biotechnology technique (as defined in the OECD list-based definition of biotechnology techniques) to produce goods or services and/or the performance of biotechnology R&D" (OCDE, 2013).

portanto, em posição intermediária e com menor importância do que, por exemplo, seu peso econômico medido pelo PIB (em paridade de poder compra) – 8º lugar no mundo.

Analisando os dados sobre empresas com atividades biotecnológicas no Brasil, constatamos que é é significativa a concentração territorial dessas firmas nas regiões mais desenvolvidas do país, especialmente em São Paulo (Mapa 1 e Gráfico 2). Das 27 unidades da federação, 14 têm empresas com atividades biotecnológicas, sendo que somente seis estados apresentam mais do que 10 empresas.

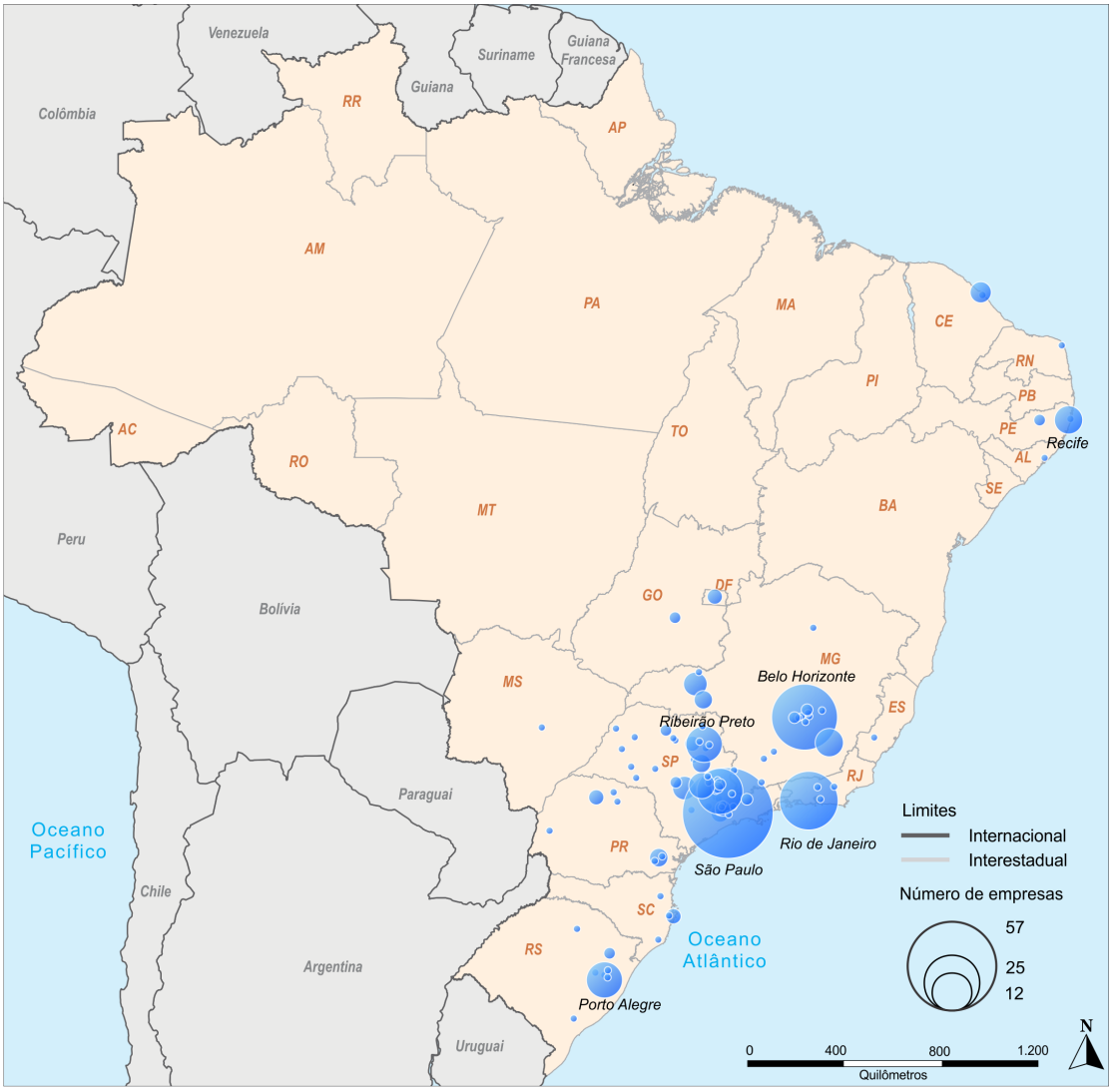
O Estado de São Paulo abriga quase a metade das empresas com atividades biotecnológicas do país (48%, o que equivale a 152 empresas), e esse é um dos motivos para o recorte analítico desta pesquisa de doutorado. Minas Gerais aparece com pouco mais de um quinto das firmas do Brasil (21,3%) e no Rio de Janeiro estão 10%. Com menos de 10% das empresas há estados importantes, como Paraná e Rio Grande do Sul. E o vazio nas regiões Norte e Nordeste é preenchido apenas por Pernambuco, que apresenta 3,5% das empresas com atividades biotecnológicas no Brasil, e Ceará, com 2%.

Gráfico 2



Fontes: Pesquisa própria (2013) e Cebrap (2011). 314 empresas com informação.

Mapa 1: Empresas com atividades biotecnológicas no Brasil, por município, 2013



Fontes: Pesquisa própria (2013) e Cebrap (2011). 314 empresas com informação.

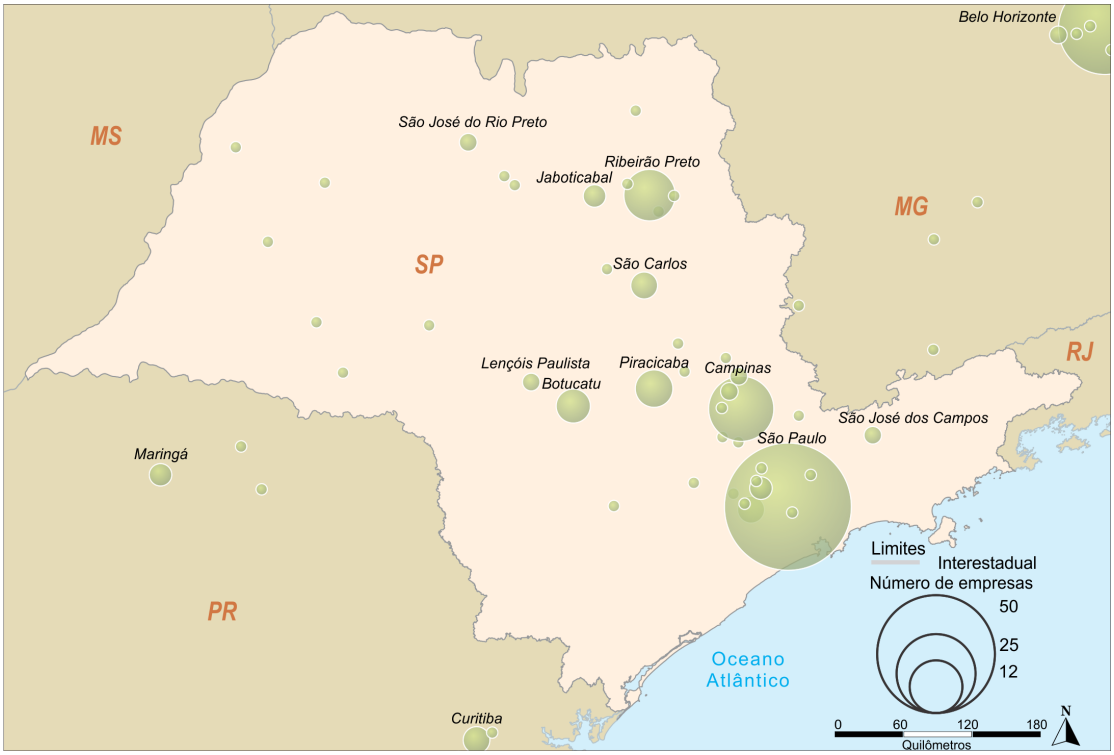
Elaboração própria. Edição: André de Freitas Gonçalves.

Tal concentração se expressa também ao observarmos as empresas em nível municipal (Mapa 2). A cidade de São Paulo responde por quase um quinto do universo brasileiro (56 empresas). O peso paulista aparece também na presença expressiva de empresas nos municípios do interior do estado: principalmente Campinas (18 empresas ou 6% do total do Brasil) e Ribeirão Preto (12 firmas; 4%); além de algumas empresas em Piracicaba, Botucatu e São Carlos (em torno de 2% em cada uma).

Além de São Paulo, outras capitais de estados brasileiros também têm altas proporções, o que confirma a presença da biotecnologia em centralidades nacionais ou regionais, como as cidades de Belo Horizonte (11%) e do Rio de Janeiro (9%). Porto

Alegre (4%) e Recife (3%) também aparecem, mas com menor participação. Esse tipo de concentração de atividades de mais alta intensidade tecnológica é um fenômeno conhecido na literatura, e a biotecnologia reforça a evidência. Em termos de presença de empresas com atividades biotecnológicas no interior do estado, apenas Minas Gerais se aproxima de São Paulo, ainda que em menor escala, em municípios como Viçosa (3% das firmas do Brasil) e Uberlândia (2%).

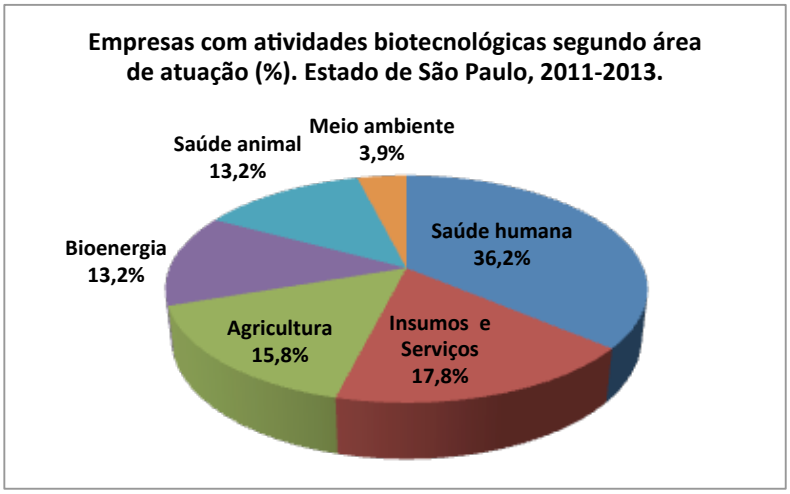
Mapa 2: Empresas com atividades biotecnológicas no Estado de SP, por município, 2013



Fontes: Pesquisa própria (2013) e Cebrap (2011). 152 empresas com informação.
Elaboração própria. Edição: André de Freitas Gonçalves.

Voltando ao recorte analítico deste trabalho, ao observarmos as empresas por área de atuação dentro do Estado de São Paulo (Gráfico 3), verificamos que há uma forte participação de firmas em saúde humana (36%) e insumos (18%) – proporção similar à do conjunto dos outros estados. Tais atividades muitas vezes se sobrepõem, mas optamos por deixá-las separadas porque algumas dessas empresas de insumos produzem reagentes, enzimas e leveduras para empresas além da saúde humana, e há outras que prestam serviços para diferentes áreas, conforme explicado no Capítulo 2. Esse é um dos elementos que dificultam falarmos em um setor de biotecnologia.

Gráfico 3



Fontes: Pesquisa própria (2013) e Cebrap (2011). 152 empresas com informação.

De forma geral, há três conjuntos de produtos para saúde que utilizam técnicas da biotecnologia moderna: 1) vacinas preventivas e terapêuticas; 2) substâncias terapêuticas de base biotecnológica, como proteínas recombinantes, anticorpos monoclonais e hemoderivados recombinantes; e 3) reagentes e kits de diagnóstico (REIS, 2010).

No Brasil, essas empresas atuantes em saúde humana desenvolvem produtos, processos e pesquisas em segmentos como diagnóstico molecular, cultura de tecidos, dispositivos para terapia celular e testes pré-clínicos e ensaios clínicos, mas poucas são as empresas voltadas para o desenvolvimento de novas drogas, como as pesquisas em proteínas recombinantes, anticorpos monoclonais, vacinas e biofármacos. Além disso, a produção de vacinas está concentrada em institutos de pesquisa públicos, como Butantan e Fiocruz.

Ou seja, a produção de moléculas para atividade terapêutica é incipiente no setor privado no Brasil. Há exemplos, como o da Recepta e o da FK Biotecnologia, mas não um conjunto consistente de empresas de pequeno porte no desenvolvimento de novas moléculas que possam crescer ou alimentar o *pipeline* de outras de grande porte, como aconteceu nos EUA – veremos isso na discussão sobre colaboração entre empresas mais adiante neste capítulo. O desenvolvimento de novas drogas é um processo complexo, caro e de alto risco. De cada catorze produtos que chegam aos ensaios clínicos, estima-se que apenas um alcance o registro e seja comercializado (PISANO, 2006; PIMENTEL et al., 2013).

No caso dos medicamentos biológicos, *grosso modo* aqueles feitos de substâncias produzidas ou extraídas de um organismo vivo, a complexidade é maior, quando comparados a drogas convencionais, obtidas mediante síntese química. Primeiramente, na fase de produção do princípio ativo (o fármaco, aquela substancia responsável pela ação terapêutica), são utilizadas técnicas como fermentação, cultura de tecidos e purificação para os produtos biológicos, diferentemente das reações químicas para combinar substâncias e compor a molécula desejada no caso dos sintéticos, como bem explicam Reis et al. (2010). Por meio de engenharia genética, uma célula, uma bactéria ou um microrganismo que vai produzir a substância desejada (proteína ou enzima) são modificados. Depois disso, a população desse sistema vivo precisa ser multiplicada para que se obtenha uma quantidade significativa do produto. Posteriormente, há os processos de purificação e estabilização do produto. Por fim, além de possíveis problemas no desenvolvimento da formulação e nas condições de envase do produto biológico, o escalonamento do processo de produção é um desafio significativo: "enquanto os processos farmacêuticos convencionais utilizam cadeias de reações químicas, que muitas vezes podem ser 'multiplicadas' para o aumento da escala de produção, os processos biológicos lidam com insumos 'vivos' e, frequentemente, são afetados por variáveis desconhecidas ou mais difíceis de serem controladas, dificultando sua reprodução em grande escala" (REIS et al., 2010).

Essa digressão a partir do exemplo dos medicamentos biológicos nos ajuda a dar a dimensão do problema. Além do conhecimento científico em si mesmo, a partir de muita pesquisa básica, vários outros processos que envolvem conhecimentos diversos de atores em diferentes esferas são cruciais para o desenvolvimento de um produto (um medicamento biológico). Ou seja, o investimento em recursos humanos e financeiros é alto, assim como o risco.

Nas conversas com atores do setor, é possível apreender que há muitas dificuldades para lidar com o desafio dos biológicos citado acima. Por isso, é possível imaginar que a situação da biotecnologia em saúde humana no Brasil é preocupante: de forma geral, há um aumento da demanda por medicamentos devido à ampliação do acesso à saúde e ao crescimento da renda média da população; e, de forma específica, há uma necessidade cada vez maior de novas terapias voltadas a doenças crônico-degenerativas em virtude da longevidade da população. O câncer, por exemplo, é a

segunda causa de morte no país atualmente. E vários dos chamados medicamentos biológicos são voltados justamente para o câncer.

Em razão da ausência de produção local, o Brasil é dependente de importações, tanto de medicamentos – com peso dos biológicos principalmente para oncologia e reumatologia por conta do alto valor agregado dos produtos – como de reagentes. O governo federal tem atuado tentando diminuir esse déficit e colocar a indústria brasileira na rota do aprendizado tecnológico na produção de medicamentos biológicos. São exemplos as parcerias de desenvolvimento produtivo (público-privadas) e investimentos em biossimilares (como veremos no Capítulo 5, sobre políticas públicas em biotecnologia).

No que diz respeito a empresas de serviços em biotecnologia na área de saúde, vale destacar a oportunidade aberta no segmento de bioinformática com o fato de o sequenciamento genético estar bem mais barato atualmente do que há uma década, especialmente a partir de 2008, com a disseminação de novos tipos de sequenciadores que permitem determinar as combinações das letras químicas do DNA de uma pessoa em alguns dias. O desafio agora é analisar os dados, como fazem as empresas de diagnóstico genômico personalizado; por exemplo, a Mendelics, de São Paulo. Mas o avanço na área depende muito da formação de recursos humanos, que por sua vez está baseada em cursos de pós-graduação de instituições públicas, como USP, UFRJ, UFMG e Fiocruz (PIVETTA, 2013).

Já em saúde animal, a proporção de empresas com atividades biotecnológicas no Estado de São Paulo é de 13% (nos outros estados representam 15%). Elas atuam principalmente no segmento de diagnóstico genético de animais, outras em P&D de terapias e vacinas, além daquelas em melhoramento genético de bovinos. Esse último segmento tem ajudado no aumento da produtividade da cadeia produtiva de carne e colaborado para o Brasil ser o maior exportador de carne do mundo – o exemplo da parceria entre pesquisadores da Faculdade de Zootecnia da USP e produtores rurais para avaliação genética de bovinos será apresentado no Capítulo 4.

No que se refere à agricultura, que responde por 16% das empresas com atividades biotecnológicas em São Paulo (nos outros estados a proporção é de 12%), é bastante difundida a ideia da importância do sistema de inovação brasileiro para o seu desenvolvimento. De fato, a participação da Embrapa e de universidades públicas em pesquisa de transgenia na agricultura no Brasil é amplamente difundida na literatura (como veremos nos Capítulos 4 e 5) e coloca o país entre os líderes mundiais na área.

Tais pesquisas e apoios foram centrais para o desenvolvimento de soja no cerrado, de frutas no Nordeste e de cana-de-açúcar em São Paulo (SILVEIRA et al., 2005).

Mas o fenômeno da utilização de organismos geneticamente modificados no Brasil é recente. A liberação da soja transgênica tolerante a herbicida no país só ocorreu em 2003, ano da criação da CTNBio, cuja finalidade é justamente fornecer o apoio técnico consultivo para o governo federal no que concerne à Política Nacional de Segurança relacionada a organismos geneticamente modificados (OGMs). E o Brasil se tornou em 2009 o segundo maior produtor a utilizar plantas geneticamente modificadas, atrás apenas do EUA. As culturas brasileiras de soja, algodão e milho transgênicos ultrapassaram em hectares semeados a produção na Argentina (JAMES, 2009; CARRER et al. 2010). São utilizadas variedades da Monsanto, da AgroSciences e da Allellyx (comprada pela Monsanto para entrar no mercado de cana-de-açúcar). Apesar de o mercado de melhoramento genético de plantas e sementes ser dominado por multinacionais como Monsanto e Dupont, há algumas empresas no segmento em São Paulo.

Outra parte importante das empresas paulistas com atividades biotecnológicas em agricultura atua no controle biológico de plantações, com utilização direta de organismos vivos – insetos e ácaros, por exemplo – e bioinseticidas. São empresas nacionais de menor porte com forte interação com universidades e centros de pesquisa e com financiamento público para P&D – como veremos na Seção 3.4, mais à frente.

Uma diferença do Estado de São Paulo em relação aos outros estados é a maior proporção das empresas de bioenergia, área em que o Brasil está na fronteira tecnológica: são 13% em território paulista e 4% nos outros estados[26]. São Paulo é responsável por metade da produção de etanol do Brasil, cujo crescimento foi vertiginoso na primeira metade dos anos 2000. O país tem cerca de um terço da área plantada de cana-de-açúcar do mundo e sua produção é de aproximadamente 25 bilhões de litros (EY, 2010; UNICA, 2011). Cabe lembrar que as usinas de cana-de-açúcar que não realizam pesquisa em etanol de segunda geração ou novos insumos para o etanol de primeira geração não foram contabilizadas como empresas com atividades biotecnológicas. Mas, evidentemente, são elas as responsáveis pelos números acima. Das cerca de 450 usinas de cana-de-açúcar e biocombustível no

[26] Por outro lado, o inverso ocorre em relação às empresas de meio ambiente: 4% no território paulista e 12% nos outros estados

Brasil, boa parte delas está no norte do Estado de São Paulo, na região da cidade de Ribeirão Preto. Há também outras no oeste do estado, em direção ao Paraná.

As principais empresas e instituições de pesquisa de biotecnologia para energia estão em São Paulo e há investimentos no setor, principalmente no aperfeiçoamento dos processos e insumos (leveduras e enzimas) tanto para o etanol de primeira geração como para o de segunda, o chamado celulósico.

De fato, a produção de biocombustíveis tem espaço para aumentar. O consumo mundial ainda é pequeno, por volta de 1% do total de combustíveis líquidos utilizados no transporte rodoviário – no Brasil o etanol corresponde a 20% do total (ROSA e GARCIA, 2009). Isso quer dizer que a demanda pode aumentar muito, especialmente porque é muito suscetível a decisões políticas, como metas de obrigação de adição de biocombustíveis em razão do aquecimento global, por exemplo. Assim como uma negociação de compras governamentais de medicamentos e vacinas pode alterar a estrutura de mercado da indústria farmacêutica, decisões que envolvem a utilização de percentuais de combustíveis renováveis em relação aos fósseis podem transformar fortemente a cadeia produtiva e de pesquisa de bioenergia.

Tais mudanças institucionais e políticas afetam diretamente o setor sucroalcooleiro porque a biotecnologia é central no processo. No etanol de segunda geração, por exemplo, o processo principal é a hidrólise enzimática, a quebra da cadeia de polissacarídeos da celulose. A biotecnologia aqui é chave na busca atual das enzimas mais adequadas (aquelas de alto rendimento e baixo custo), uma vez que o caminho do laboratório para o processo em escala industrial carrega muita incerteza[27]. Além disso, há também a busca pelos microrganismos mais adequados para fermentar em escala as pentoses, que são o produto da hidrólise da hemicelulose, a outra parte da cana rica em açúcar (ROSA e GARCIA, 2009: 134) – ou seja, pesquisas sobre melhoramento genético de leveduras visando o aumento da produtividade de etanol (de primeira ou segunda geração).

O setor privado de biotecnologia atuante na área de bioenergia em São Paulo cobre algumas partes desse processo. Há principalmente grandes empresas, sejam

[27] "As enzimas são proteínas, isto é, moléculas orgânicas complexas, sendo que as usadas em processos industriais são produzidas por microrganismos, tais como bactérias ou fungos. A primeira etapa das pesquisas relacionadas à hidrólise da biomassa consiste, portanto, em selecionar os microrganismos capazes de produzir as enzimas adequadas. Outro caminho, ainda mais difícil, seria produzir os microrganismos com as características desejadas, por meio de técnicas muito avançadas de manipulação genética, as quais se encontram na fronteira do conhecimento científico e tecnológico" (ROSA e GARCIA, 2009: 140).

usinas, multinacionais e *joint ventures*, como Monsanto, Syngenta, Novozymes, São Martinho, GranBio e Raízen, sejam aquelas com financiamento de gigantes de outros setores, como Odebrecht Agroindustrial e Butamax. Vale citar também em São Paulo o caso do CTC, que mudou seu estatuto para sociedade anônima e figura como um dos principais polos de melhoramento genético de cana – o primeiro projeto assinado no âmbito do PAISS, plano conjunto de Finep e BNDES para o setor sucroenergético, foi com o CTC, no valor de R$ 227 milhões.

O que buscamos ilustrar aqui é que esses esforços de pesquisa e produção envolvem atores das três esferas, com empresas, institutos de pesquisa e governos cumprindo papéis essenciais: respectivamente, desenvolvimento da inovação e posicionamento no mercado; acúmulo de pesquisa e recursos humanos para desenvolvimento científico; e financiamento de pesquisa e regulação.

3.2) Dinâmica do mercado: combinação de empresas jovens, pequenas e criadas por pesquisadores com grandes empresas consolidadas

De forma geral, há no Brasil uma tendência de crescimento no número de empresas com atividades biotecnológicas desde meados dos anos 1990 (com um pico em 2008). É possível, portanto, dizer que o mercado de biotecnologia no país é formado majoritariamente por empreendimentos jovens: 66% foram fundadas a partir de 2000, sendo 44% após 2004. Em São Paulo, 17% das empresas foram criadas até 1990 e outros 17% na década de 1990 (até 1999; ver Gráfico 4). Isso significa que também no território paulista 66% das empresas com atividades biotecnológicas nasceram entre 2000 e 2013, em um período de maiores investimentos em ciência, tecnologia e inovação (como veremos no Capítulo 5), e um terço delas tem até cinco anos de existência.

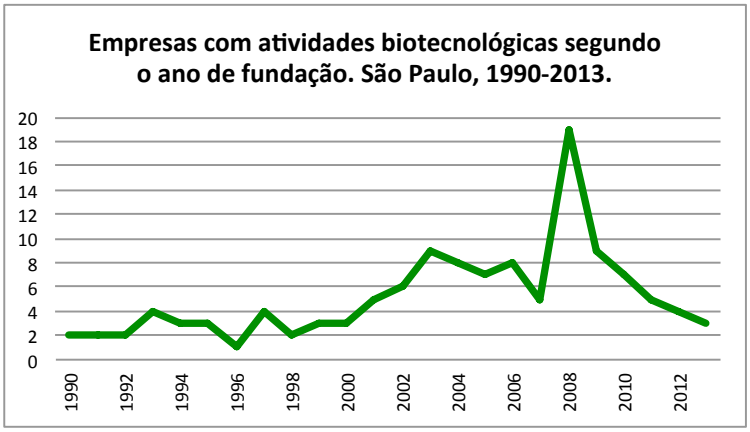
Além de as empresas serem jovens, outra informação que chama atenção em relação ao setor privado de biotecnologia em São Paulo (e também nos outros estados do Brasil) é que a maioria delas é micro ou pequena[28]: 40% das empresas têm faturamento de até R$ 2,4 milhões[29]. E quase um quarto das empresas com atividades

[28] O critério de classificação do porte da empresa por receita anual se baseia na lei que institui o "Estatuto Nacional da Microempresa e da Empresa de Pequeno Porte" (LF, 2006). Ver MORAIS, 2008.

[29] As fontes dos dados sobre faturamento são a pesquisa própria para esta tese em diversas fontes (elaborada até 2013) e Cebrap (2011). Das 314 empresas, há informações para 88 delas (58%).

biotecnológicas em São Paulo ainda não fatura, isto é, ainda está em fase de desenvolvimento de produto ou processo, algo característico de uma atividade econômica baseada em ciência e de alto risco.

Gráfico 4



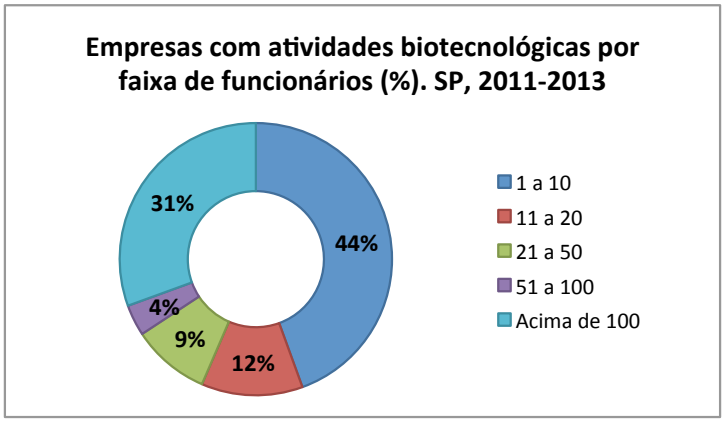
Fontes: Pesquisa própria (2013) e Cebrap (2011). 149 empresas com informação (98%).

Por outro lado, 27% das empresas têm receita bruta anual de mais de R$ 12 milhões – lembrando que foram consideradas somente as farmacêuticas que realmente desenvolvem alguma atividade biotecnológica e as usinas de cana-de-açúcar com pesquisa e desenvolvimento em leveduras e enzimas para etanol de primeira ou segunda geração.

A informação sobre o número de funcionários, que também permite dimensionar o porte das empresas, acompanha aquela sobre faturamento: dois terços das firmas com atividades biotecnológicas em São Paulo têm até 50 pessoas trabalhando. Isso confirma o achado de que se trata de um setor formado majoritariamente por micro e pequenas empresas[30], ainda mais porque 44% delas têm de 1 a 10 trabalhadores (Gráfico 5). Esses achados permitem afirmar que boa parte das empresas possui estrutura enxuta ou está em fase de estruturação.

[30] No caso da quantidade de trabalhadores nas empresas, o parâmetro utilizado para o porte das empresas se baseia nos critérios do IBGE e do Sebrae. Em atividades de comércio e serviços, a microempresa é aquela que emprega até 9 pessoas; e, na indústria, a empregadora de até 19 pessoas. Já a pequena empresa emprega de 10 a 49 pessoas no comércio e nos serviços e de 29 a 49 na indústria.

Gráfico 5



Fontes: Pesquisa própria (2013) e Cebrap (2011). 108 empresas com informação (71%).

Novamente, por outro lado, 31% têm mais de 100 pessoas trabalhando. Isso nos leva ao argumento levantado neste capítulo sobre a importância da combinação entre grandes e pequenas empresas na esfera de mercado em biotecnologia.

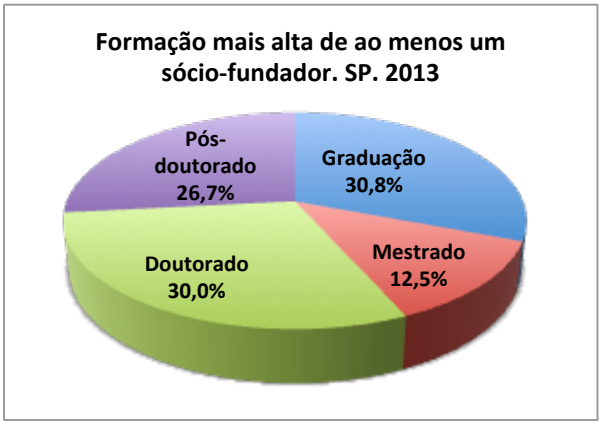
Um dos elementos que justificam essa articulação entre empresas de diferentes portes pode ser visto na qualificação daqueles que trabalham e criam empresas na área de biotecnologia. No que diz respeito à distribuição dos trabalhadores segundo a escolaridade, seria de esperar que as empresas com atividades biotecnológicas se destacassem no contingente de graduados, mestres e doutores. Tomando as empresas com até 50 funcionários (os 66% mencionados acima), observa-se um alto grau de escolaridade de seus trabalhadores. Nas empresas com 1 a 10 pessoas trabalhando, cerca de 40% são doutores e 20% são mestres. Mesmo as empresas com porte de 21 a 50 trabalhadores, que representam um quinto do total de empresas, apresentam alto número de doutores (12%) (CEBRAP, 2011).

Além disso, se considerarmos os sócios-fundadores das empresas, é possível atestar aquilo para que Pisano (2006) chama atenção no caso norte-americano. Para o autor, há essencialmente duas fontes de criação de empresas com atividades biotecnológicas: acadêmicos que fundam uma firma ou pesquisadores e gestores que deixam empresas de biotecnologia ou farmacêuticas nas quais trabalham para criar seu próprio negócio (PISANO, 2006)[31].

[31] Mais sobre essa discussão pode ser visto em estudo interessante de Stuart e Ding (2006) que discute as condições que levam pesquisadores da área de ciências da vida que trabalham em universidades a se tornarem empreendedores em biotecnologia.

No caso dos acadêmicos, é possível sugerir que no Brasil, especialmente em São Paulo, essa ideia se sustenta: em 27% das empresas pelo menos um dos sócios tem pós-doutorado e 30% têm doutorado na área de atuação da firma (Gráfico 6). Isso significa que quase 60% das empresas com atividades biotecnológicas de São Paulo foram criadas por pesquisadores com fortes ligações com a academia, muitas delas provavelmente resultado das próprias pesquisas na universidade, e que tais firmas são lideradas por doutores.

Gráfico 6



Fontes: Pesquisa própria (2013) e Cebrap (2011). 120 empresas com informação (79%).

As implicações desse fenômeno são diversas para o funcionamento da biotecnologia como atividade econômica. Se, por um lado, é positiva a criação de empresas de alta intensidade tecnológica e de alta capacidade de geração de valor, por outro, surgem problemas como: muitas vezes os pesquisadores não têm formação para serem empreendedores, o que pode impactar no resultado do investimento, seja público ou privado; a utilização dos recursos (financeiros, humanos e físicos) de pesquisa da própria universidade pelo pesquisador/empreendedor ainda carece de transparência – onde está a fronteira entre o que é pesquisa da universidade e o que é do empreendedor?; a divisão da propriedade intelectual (universidade/empresa) ainda não parece bem resolvida, mesmo após a Lei de Inovação – pelo menos no discurso dos atores envolvidos em biotecnologia, o que exige mais pesquisa para uma análise mais apurada.

O fato é que tais características das empresas com atividades biotecnológicas apresentadas acima – pequeno porte, fundação recente e sócios-pesquisadores – revelam as relações que dão suporte à estrutura organizacional do negócio da

biotecnologia. As empresas têm dificuldades para desenvolver pesquisas específicas, adquirir máquinas e equipamentos, desenvolver expertise técnica e capacidade comercial, obter financiamento, lidar com entraves regulatórios e encarar o processo de patenteamento – e tudo isso as leva a buscar parcerias e certos tipos interação com outros atores, ou seja, a conformar diferentes arranjos relacionais para desenvolver um produto. As pequenas empresas, por exemplo, precisam buscar colaboração de empresas maiores, nacionais ou estrangeiras, e de investidores para financiar seu P&D. O outro lado da moeda é que o desenvolvimento desse conhecimento específico da pequena empresa (e/ou da universidade) é compartilhado com a grande empresa, que tem bastante interesse nessa colaboração, justamente por não possuir tal expertise ou por não conseguir estar próxima da universidade.

Nesse sentido, parcerias e licenciamentos são partes fundamentais no que Pisano chama de "anatomia do negócio em biotecnologia" ao narrar o caso norte-americano, tendo como foco biotecnologia em saúde humana entre os anos 1970 e início de 2000. Segundo o autor, empresas iniciantes dependiam de parcerias com as farmacêuticas estabelecidas para obter capital. Os investidores de capital de risco (*venture capital*) não se interessavam em colocar recursos em possíveis negócios embrionários baseados em ciência e em fase de desenvolvimento de produto. A solução das pequenas empresas foi buscar os recursos das "big farmas" e ceder futuros direitos de produtos (PISANO, 2006: 102; PIMENTEL et al., 2013: 179).

Por outro lado, até a primeira década dos anos 2000, segundo a análise de Pisano, as farmacêuticas nos EUA tiveram como estratégia de P&D, além das atividades internas, as parcerias com empresas de biotecnologia e com universidades, sendo a participação das primeiras a mais expressiva (PISANO, 2006: 103-104). Para as farmacêuticas, era interessante fazer parceria com as empresas nascentes de biotecnologia porque estas poderiam acessar o conhecimento das universidades, uma vez que estariam mais próximas da academia e do *modus operandi* da ciência (muitas delas foram fundadas por pesquisadores, como no caso brasileiro) e mesmo próximas fisicamente, muitas vezes instaladas dentro da universidade ou nas redondezas (como também veremos no caso brasileiro, na Seção 3.3 e no Capítulo 4). As empresas de biotecnologia acabam funcionando como intermediários entre as farmacêuticas e as universidades, lidando melhor com os conflitos entre negócio e academia, entre a necessidade do conhecimento aplicado – "levar para os testes clínicos" – e o tempo da

pesquisa. Ou seja, funcionam bem para suprir a lacuna entre a descoberta científica e o desenvolvimento de produto aplicado (PISANO, 2006: 105-106).

Nesses arranjos, as grandes empresas colaboram, por um lado, fornecendo conhecimento regulatório, de propriedade intelectual e de mercado; recursos financeiros; e estrutura para comercialização. Por outro lado, as pequenas empresas com atividades biotecnológicas são as responsáveis por trazer novos conhecimentos científicos e desenvolver tecnologias específicas que, casadas a uma estrutura adequada, podem levar a novos produtos[32].

A colaboração entre empresas pode, então, ser constituída como parceria para desenvolvimento conjunto de produtos, *joint venture*, fusão ou aquisição, em que há combinação das competências e dos recursos e divisão dos riscos. Ou podem ser feitos os licenciamentos, para busca de novas tecnologias, de um lado, e para capitalização, de outro, do lado de quem detém a licença (PISANO, 2006, BIOMINAS/PwC, 2011).

O caso das farmacêuticas, como o tratado por Pisano, é conhecido, mas, no Brasil, isso acontece também na produção de bioenergia, de papel e de melhoramento genético na agricultura, por exemplo. As compras das empresas CanaVialis e Allelyx pela Monsanto foram paradigmáticas no que se refere à estrutura de mercado da biotecnologia.

Além das parcerias com universidades e centros de pesquisa, que veremos na Seção 3.3, a seguir, é comum a interação entre empresas para a expansão da atividade em bioenergia. Algumas das grandes empresas produtoras de açúcar e etanol (as tradicionais usinas e refinarias) buscam desenvolver novas tecnologias para produtos e processos com atividades biotecnológicas além de sua atividade principal. A São Martinho, por exemplo, produz açúcar e etanol, mas sua unidade Omtek produz derivados de levedura por meio de processos biotecnológicos para os mercados de alimentação humana e animal. Já o Grupo Balbo tem participação na PHB Industrial, que desenvolve a tecnologia da resina plástica biodegradável a partir do açúcar da cana.

Há também casos como o da Raízen, uma empresa brasileira resultado de *joint venture* entre Cosan e Shell, que atua em etanol de segunda geração, e o da Odebrecht

[32] É importante mencionar as empresas de serviços como Contract Research Organizations (CRO) e Contract Manufacturing Organizations (CMOs), que cuidam de partes da cadeia de produção de um medicamento.

Agroindustrial, com pesquisa em novas linhagens de leveduras para fermentação industrial de etanol.

Em relação às multinacionais, há exemplos interessantes. A Solazyme, que produz biocombustíveis, firmou parceria com a Bunge, líder em agronegócios e alimentos, e, no Brasil desde 2011, vem trabalhando no bioquerosene a partir de microalgas selecionadas via engenharia genética e alimentadas com açúcar. Já a BP Biocombustíveis, além da pesquisa em etanol de cana na própria empresa, construiu sedes para P&D em processos específicos, como é o caso da Butamax, com pesquisa na área de biobutanol a partir de cana-de-açúcar por rotas biotecnológicas (OLIVEIRA, 2013).

Ainda entre as multinacionais, a Amyris, fundada por pesquisadores da Universidade da Califórnia em Berkeley e com investimento da Total – gigante francês de petróleo e gás –, está no Brasil desde 2007 trabalhando no desenvolvimento de bioquerose. A empresa, que tem parceria com a Fapesp, produz o farneseno a partir do caldo da cana utilizando linhagens de leveduras geneticamente modificadas – o foco da pesquisa biotecnológica da empresa e a base de suas patentes. Tal transformação nas leveduras faz com que o produto da fermentação seja o farneseno, a base do bioquerosene, e não do etanol. O produto ainda não é comercialmente viável por questão de escala, mas a empresa planeja operar industrialmente para produzir o bioquerosene competitivo no mercado (OLIVEIRA, 2013).

Além dos ganhos em melhoramento genético da cana, com a compra da Canaviallis, em 2008, a Monsanto também adquiriu know-how em relação à cultura do sorgo. Trata-se de uma planta da família das gramíneas, a mesma da cana, que também pode servir para produção de etanol. Em 2011, a multinacional lançou comercialmente sementes híbridas do sorgo (tradicionais com transgênicas) com características como maior produtividade e resistência a doenças (OLIVEIRA, 2012a)[33].

A Verdartis é outro exemplo. A pequena empresa, criada a partir de pesquisas na USP Ribeirão Preto, com financiamento da Fapesp (obteve cinco concessões do PIPE e aproximadamente R$ 650 mil de investimento), da Finep e do CNPq e sediada

[33] Algo similar ocorreu no caso da Ceres, multinacional norte-americana que contratou engenheiro agrônomo com experiência de trinta anos no Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) para liderar o desenvolvimento de culturas energéticas baseadas no sorgo.

em incubadora, desenvolve uma enzima para branqueamento de celulose. A oportunidade é interessante comercialmente, pois o processo de produção de papel exige compostos químicos de alto custo e cuidados no descarte de efluentes industriais. A enzima atua na quebra do substrato da celulose e a quantidade de químicos no processo pode ser diminuída. A partir de engenharia genética e bioinformática, a empresa produz enzimas com características específicas para cada processo industrial. Um dos principais clientes da Verdartis pode vir a ser a Suzano Papel e Celulose, que já trabalha em parceria com a empresa para o desenvolvimento dos catalisadores em escala industrial (SILVEIRA, 2012).

A própria Suzano passou a investir cada vez mais nos últimos anos, por exemplo, em melhoramento genético de eucaliptos para melhorar a produtividade no Brasil e também para a produção em outros países, com clima e solo distintos, no desenvolvimento de reagentes para produção de biomassa, em biorrefinaria para extração de lignina – presente em aproximadamente 25% da madeira do eucalipto e que pode ser usada para geração de energia e na produção de insumos químicos que substituem derivados de petróleo. No caso do melhoramento genético de eucaliptos, a estratégia incluiu a compra de uma empresa israelense com essa expertise – a FuturaGene. Nas outras linhas de pesquisa, as parcerias com universidades e centros de pesquisas nacionais (como USP, Unicamp, UFSCar, UF de Viçosa) e internacionais passam de cinquenta casos e são essenciais para a inovação na empresa. Assim como são importantes os financiamentos públicos, como o da Finep para a construção da biorrefinaria (ERENO, 2012a; SUZANO, 2014).

Por fim, outro caso de parceria entre empresa brasileira e estrangeira, mas na área de saúde humana, foi a *joint venture* da EMS com a cubana Herber Biotec, em 2009. Nesse caso a tecnologia e a propriedade intelectual eram da empresa cubana e do centro de engenharia genética e biotecnologia do país, e a capacidade de produção e infraestrutura e logística de distribuição viriam da brasileira (EY, 2010: 48)[34].

Não se trata aqui de aprofundar a discussão sobre as culturas de cana-de-açúcar para o aumento da capacidade de produção de etanol no Brasil, as enzimas ou os novos medicamentos, mas sim de exemplificar o tipo de arranjo conformado entre

[34] Na área de saúde, há também os casos em que empresas especializadas cuidam dos testes clínicos. São bem mais comuns pela própria estrutura da cadeia produtiva de medicamentos. Um exemplo é o da brasileira FK Biotecnologia em parceria com a ZBx Corporation, do Canada, para o desenvolvimento dos testes clínicos para vacina de câncer de próstata, em Fase 3 (EY, 2010: 48).

pequenas e grandes empresas no que se refere a transferência de tecnologia, desenvolvimento de novos produtos e organização dos atores no mercado da biotecnologia.

3.3) Empresas e academia: relacionamento necessário

O alto número de mestres, doutores e pós-doutores nas empresas, especialmente nas micro e pequenas, mostra como tais firmas são essencialmente formadas por pesquisadores altamente qualificados e, além disso, como os atores da esfera do mercado em biotecnologia estão muitos próximos daqueles da esfera da ciência.

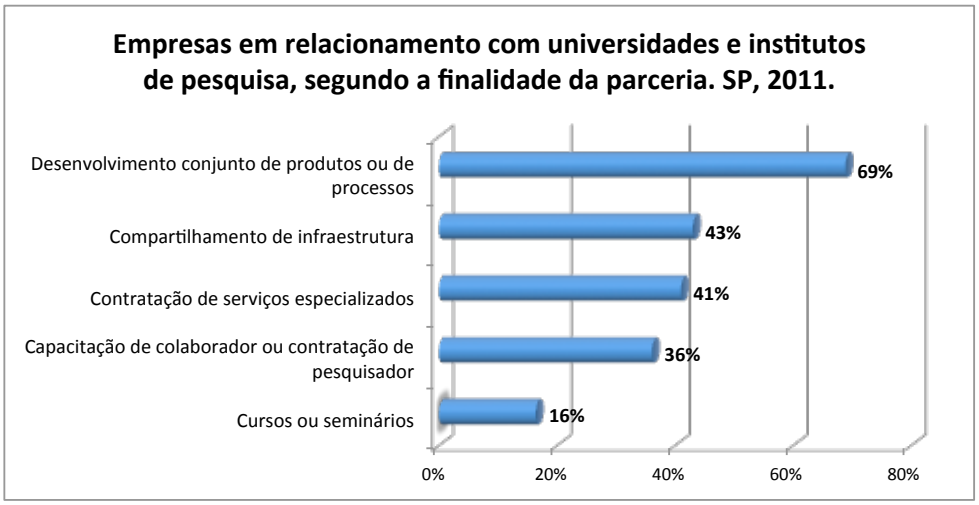
Tal proximidade fica mais evidente quando se investiga a relação direta das empresas com atividades biotecnológicas com universidades e institutos de pesquisa. A prática se mostra essencial para o setor privado paulista, já que 91% das empresas com atividades biotecnológicas mantêm algum tipo de relacionamento com tais instituições[35]. Aproximadamente 70% das empresas com atividades biotecnológicas afirmam que o relacionamento é formal, o que denota a força do vínculo entre esses atores.

Em relação ao motivo da parceria, vale destacar que para 69% das empresas a finalidade é o desenvolvimento conjunto de produtos ou processos, atividade central para a própria existência da empresa. Além disso, quase metade das empresas utiliza a infraestrutura dessas instituições, como laboratórios e equipamentos, e contrata delas serviços especializados, como testes e refinamento de processos (Gráfico 7) .

Essas informações evidenciam a centralidade de universidades e centros de pesquisa para o desenvolvimento de novas tecnologias no setor privado de biotecnologia paulista e também brasileiro. Para as empresas, as parcerias são muito importantes para que elas possam estar na fronteira científica, acessar conhecimento específico e acelerar ou mesmo viabilizar seus processos de inovação, mas também para dividir os riscos das apostas no desenvolvimento de produtos.

[35] As fontes são a pesquisa própria realizada para a tese e CEBRAP, 2011. Das 156 empresas de São Paulo, há informação para 114 (75% do total).

Gráfico 7



Fonte: Cebrap, 2011; 40% das empresas com informação. Elaboração própria.

Como explica Felizardo em seu estudo de caso sobre a Recepta Biopharma, o modo que a empresa encontrou para lidar com a complexidade e com a incerteza no desenvolvimento de uma nova droga – doze anos é a estimativa de tempo para o caminho do P&D até a comercialização de um medicamento para humanos baseado em anticorpos monoclonais – foi o estabelecimento de parcerias em rede em um modelo que se assemelha à inovação aberta: "a Recepta procura multiplicar seu poder de pesquisa ao mobilizar e potencializar competências existentes em várias instituições e que dominam áreas distintas e mais especializadas da pesquisa. Essas competências, por iniciativa da empresa, foram articuladas numa rede de recursos humanos altamente qualificados" (FELIZARDO, 2012: 57).

Na complexa configuração, estão envolvidos o sócio e gestor de inovação com experiência acadêmica e de C&T (Fernando Perez), um investidor anjo e outros públicos (Finep e Fapesp), um instituto de pesquisas em câncer como sócio (Ludwig), instituições que carregam competências específicas (como o Butantan, para desenvolvimento de anticorpos monoclonais em escala industrial e humanização deles, e a Faculdade de Medicina da USP, para ensaios imuno-histoquímicos), além de diferentes hospitais, institutos em câncer para testes pré-clínicos e clínicos (FELIZARDO, 2012: 66; 77).

Nas palavras de Felizardo, "as parcerias foram a solução para estruturar sua pesquisa em rede, driblar a necessidade de toda a infraestrutura material e, fundamentalmente, incorporar todo o aparato imaterial (biólogos, bioquímicos,

veterinários, médicos e outros profissionais) que sustenta a condução das pesquisas" (FELIZARDO, 2012: 78).

Na área de biotecnologia para o meio ambiente, ainda incipiente no Brasil especialmente em São Paulo (apenas 4% das empresas com atividades biotecnológicas estão nessa área), há dois exemplos de empresas que realizam parcerias com universidades e centros de pesquisa com o objetivo de desenvolver produtos ou processos.

A Itatijuca Biotech é uma *startup* criada em 2012 por pesquisadores com origem em institutos de pesquisa e universidades públicos, como Ipen, Unesp e USP. Sediada na incubadora Cietec, fisicamente instalada na USP, é um exemplo de empresa de biolixiviação, que realiza processamento mineral utilizando técnicas da biotecnologia para o tratamento de minérios, rejeitos e efluentes de difícil gestão. A empresa recupera metais em minérios a partir da utilização de uma bactéria que se alimenta das substâncias nas rochas onde o metal está impregnado. Esse processo evita os problemas dos métodos convencionais de processamento mineral, que liberam dióxido de carbono e enxofre e materiais tóxicos no ambiente [36] (VASCONCELOS, 2013; ITATIJUCA, 2013).

Outro exemplo é a SuperBAC Proteção Ambiental S.A., uma empresa de porte médio, fundada em 1995, que, entre outras atividades, faz a chamada biorremediação formulando combinações de microrganismos específicos para cada demanda, como o tratamento de efluentes, e produzindo-as em escala industrial.

Os diversos casos apontados nos ajudam a pensar nos arranjos em que as empresas se envolvem para dar conta de seu processo produtivo. Isso ocorre nas diferentes áreas da biotecnologia, e não apenas em saúde humana, aquela mais documentada.

Apesar dos casos de sucesso e de a maioria das empresas manter algum tipo de interação com universidades e institutos de pesquisa, não se trata de uma combinação simples. São mundos diferentes que operam com lógicas distintas. Como discutido por Pisano (2006), a lógica da esfera do mercado pressiona por resultados imediatos, enquanto a lógica da esfera da ciência se guia pelo longo prazo da pesquisa.

[36] Há também um projeto de pesquisa sobre o uso de microrganismos para recuperação de cobre de rejeitos rochosos que envolve a mineradora Vale, a USP e o BNDES na cidade de Canaã dos Carajás, no Pará (VASCONCELOS, 2012a).

Modelos colaborativos de negócios que envolvam empresas e instituições de pesquisa são fundamentais para a própria existência da biotecnologia, como vemos pela proporção de empresas criadas por pesquisadores e pela centralidade das parcerias universidade-empresa, apesar da necessidade de fortalecimento da estrutura institucional e jurídica para favorecer tal colaboração[37].

Nesse sentido, outro tipo de vínculo bastante importante no desenvolvimento das empresas com atividades biotecnológicas é aquele com incubadoras e parques tecnológicos, muitas vezes instalados em universidades, como no caso da Itatijuca mostrado acima. As incubadoras têm como objetivo básico o fomento a novos negócios, auxiliando em seu desenvolvimento e reduzindo a taxa de mortalidade das empresas nascentes. Para isso, oferecem um ambiente que auxilia os empreendedores em termos de infraestrutura; serviços básicos; assessoria gerencial e financeira; treinamentos e cursos; e relacionamento com outras empresas, instituições do governo e investidores, por exemplo.

Segundo levantamento da Anprotec em 2011, 85% das incubadoras tinham menos de dez anos de existência. Isso mostra como é recente a estruturação de instituições para a criação de empresas de base tecnológica no país[38].

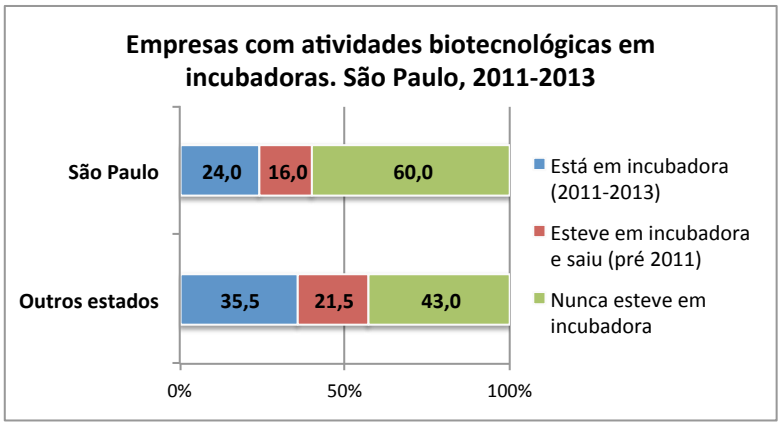
Essa informação casa com a juventude das empresas na biotecnologia brasileira, ainda mais porque cerca de metade delas mantém relação direta com incubadoras. Isso mostra que a biotecnologia como atividade econômica no Brasil tem uma razoável dependência das incubadoras.

Há uma leve diferença, entretanto, se observarmos separadamente as empresas com sede em São Paulo e aquelas de outros estados. Entre as paulistas, a proporção de empresas que já passaram por incubadoras ou que ainda estão em uma é menor (40%) do que no restante do país (57%) (Gráfico 8). Assim como é maior a proporção de empresas paulistas que não passaram por incubadoras: 60% do total de firmas com atividades biotecnológicas contra 43% nos outros estados do país.

[37] A Lei de Inovação foi um avanço, mas é possível notar um comportamento reticente dos empresários em relação à sua eficácia.

[38] É interessante lembrar que é possível sugerir uma relação entre a possibilidade de aplicar recursos públicos não reembolsáveis diretamente nas empresas com as mudanças legislativas após 2005, como a Lei de Inovação, e um boom na criação de incubadoras.

Gráfico 8



Fontes: Pesquisa própria (2013) e Cebrap (2011). 148 empresas com informação (97%).

Em São Paulo, há incubadoras importantes, como o Centro de Inovação, Empreendedorismo e Tecnologia, também conhecido como Cietec. Localizado na cidade de São Paulo, é uma incubadora multissetorial com cerca 150 empresas associadas, sendo aproximadamente 80 em biotecnologia e áreas correlatas como medicina e saúde, meio ambiente e química[39]. A Supera (Incubadora de Empresas de Base Tecnológica), de Ribeirão Preto, é voltada para saúde humana e abriga cerca de 30 empresas. Próximo à capital está a Incamp (Incubadora de Empresas de Base Tecnológica da Universidade Estadual de Campinas), que abriga cerca de 40 empresas de base tecnológica, mas poucas em biociências ou áreas correlatas a biotecnologia. Por fim, a Prospecta (Incubadora de Empresas e Projetos Tecnológicos de Botucatu) possui cerca de 40 empresas, sendo um quarto delas em áreas relacionadas a biotecnologia, como meio ambiente e agricultura.

Se, por um lado, em termos da análise em nível macro, é possível notar que as incubadoras ocupam espaço importante na articulação dos atores das esferas mercado e ciência, por outro, em um nível de análise *meso*, esta pesquisa mostra que muitas delas já estão saturadas e com filas de espera de novos negócios que desejam utilizar o espaço. Estudo da Biominas mostra que, em 2011, um terço das empresas de "biociências" mencionavam como desafio estabelecer ou ampliar sua infraestrutura (BIOMINAS, 2011: 40). Isso sugere que há empresas que podem estar desenvolvendo pesquisas e vislumbrando a necessidade de espaço físico e equipamentos para crescer, algo que pode ser oferecido mediante parques tecnológicos e incubadoras.

[39] Vale lembrar que nem todas elas foram classificadas como empresas com atividades biotecnológicas segundo a lista da OCDE, conforme discutido no Capítulo 2.

Reforçar a rede de incubadoras parece necessário não apenas para gerar novas empresas como também para abarcar as que já existem mas têm problemas de infraestrutura. De forma complementar, o sistema de parques tecnológicos, há anos, em projeto no Estado de São Paulo, poderia dar conta dessa parte da engrenagem, recebendo empresas graduadas recentemente ou mesmo outras de porte médio e centros de P&D de grandes firmas.

A busca por colaboração, seja entre empresas ou com universidades e institutos de pesquisa, é condição para a sobrevivência das empresas de biotecnologia. Utilizando sua "metáfora de paisagem", Pisano resume bem uma característica da biotecnologia como atividade econômica discutida até aqui: "talvez o melhor modo de ver a biotecnologia seja como um extenso grupo de ilhas de expertise". Mas, diz ele, pesquisa e o desenvolvimento de produtos nas empresas precisam de integração: "é necessário acessar uma ampla constelação de capacidades tecnológicas, ferramentas e ativos organizacionais". Para terminar, destaca: "Isso explica uma característica do setor – o papel significativo dos arranjos colaborativos" (PISANO, 2006: 102). Como veremos a seguir, além da interação entre empresas e delas com universidades e institutos de pesquisa, no Brasil, os atores da esfera Estado, como agências de fomento e bancos, desempenham papel fundamental no desenvolvimento da biotecnologia por causa do financiamento público para P&D.

3.4) Investimentos em P&D e inovação: empresas dependem de recurso público

Os recursos de órgãos públicos são fundamentais para o desenvolvimento da atividade biotecnológica nas empresas: tanto em São Paulo como nos outros estados do Brasil, 85% delas utilizam algum tipo de financiamento em pesquisa, desenvolvimento e inovação provindo dos níveis federal e estadual[40]. Estamos considerando aqui recursos reembolsáveis, como empréstimos via programas Inova Brasil e Juro Zero (ambos da Finep) e Profarma (BNDES), e não reembolsáveis, como o Subvenção Econômica, o PAPPE e o antigo Prime (todos da Finep), o RHAE (do CNPq) e o PIPE (Fapesp), além de parcerias (com as FAPs, por exemplo) e investimentos de risco (como capital semente e fundos)[41].

[40] As fontes são a pesquisa própria realizada para a tese e CEBRAP, 2011. Das 314 empresas do Brasil, há informação para 232 (74% do total).

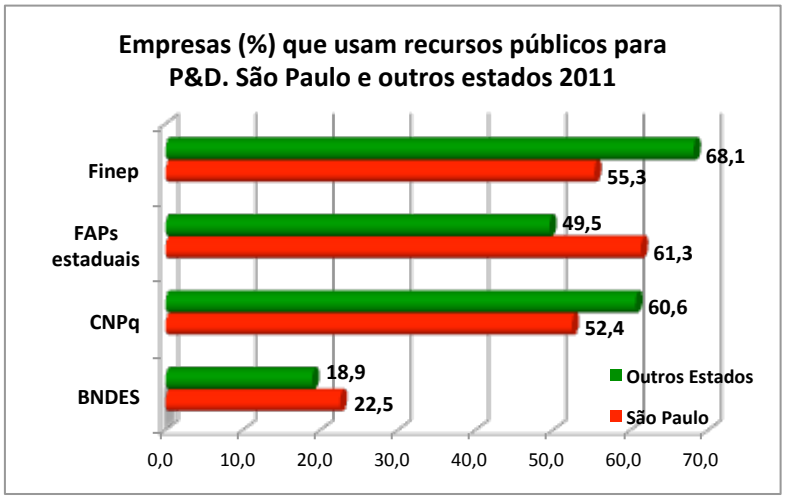
[41] Todos esses programas e instrumentos específicos serão apresentados em detalhe no Capítulo 5.

A proporção é alta, e algumas justificativas podem ser levantadas: trata-se de um negócio baseado em ciência (PISANO, 2006) e com longo ciclo de desenvolvimento de produtos; por isso mesmo, é uma atividade cujo investimento é de alto custo e alto risco; as empresas são em maioria de pequeno porte; e, principalmente, há poucas alternativas de investimento de risco privado no Brasil, como "venture capital", "seed money" ou "angels", que são mais comuns em outros países.

Ao observarmos as instituições às quais as empresas com atividades biotecnológicas recorrem para esse tipo de financiamento, percebemos uma diferença entre o Estado de São Paulo e os outros estados da federação.

No Estado de São Paulo, a proporção de empresas que recorrem a recursos da Finep (agora Agência Brasileira de Inovação do governo federal) e do CNPq (órgão federal de fomento à pesquisa) é menor do que nos outros estados. Considerando as concessões da Finep desde 2007, 55% das empresas com atividades biotecnológicas de São Paulo obtiveram apoio por meio de algum dos instrumentos da agência, enquanto entre as empresas de outros estados a proporção é de 68%, o que mostra a maior importância desse órgão para os empreendimentos de fora de São Paulo. Notamos o mesmo em relação ao CNPq, cujo programa RHAE é utilizado por 61% das empresas de outros estados e por 52% daquelas em São Paulo – vale lembrar que foram considerados os editais a partir de 2008 (Gráfico 9).

Gráfico 9



Fontes: Pesquisa própria (2013) e Cebrap (2011): Finep, 248 empresas com informação (79%); FAPs estaduais, 220 empresas com informação (70%); CNPq, 212 empresas com informação (68%); BNDES, 184 empresas com informação (59%).

Por outro lado, e provavelmente de forma relacionada, ocorre o inverso no que se refere a empresas que utilizam recursos das fundações estaduais de amparo à pesquisa. A Fapesp é o que faz a diferença nesse caso, uma vez que 61% das empresas de São Paulo utilizaram recursos da agência nos últimos anos (sendo 34% do programa PIPE, aqui considerado desde 1999), enquanto metade das empresas de outros estados recorre às suas respectivas agências, como Fapemig e Faperj (Gráfico 9). Em São Paulo, há ainda uma proporção um pouco maior de empresas que recorrem a financiamentos do BNDES, algumas recebendo recursos do ProFarma e do Criatec, fundo de capital semente com recursos do BNDES e do Banco do Nordeste.

De modo a buscar contextualizar tais informações, poderíamos tentar comparar os dados de utilização de recursos públicos para P&D pelas empresas com atividades biotecnológicas com aqueles levantados pela Pintec sobre o conjunto das empresas industriais brasileiras e parte das de serviços que inovaram entre 2008 e 2011. Os universos são obviamente diferentes, mas poderíamos fazer tal aproximação, pois, provavelmente, a maioria das empresas com atividades biotecnológicas apareceria como inovadora se respondesse ao questionário da Pintec. Na pesquisa do IBGE, a proporção de empresas inovadoras que utilizaram recurso público para P&D é de 34%, considerando benefícios fiscais (como Lei do Bem) e financiamento direto para P&D (como subvenção econômica) (PINTEC, 2011). Como vimos anteriormente, a porcentagem das empresas com atividades biotecnológicas que utilizam recurso público para P&D é muito superior (85%), o que sugere duas ideias: as empresas com atividades biotecnológicas tanto inovam mais do que a média como dependem mais do governo do que o conjunto das empresas inovadoras do Brasil.

Evidências apresentadas em estudo da Biominas/PwC (2011) foram confirmadas em conversas com os empresários da área a respeito de problemas nos financiamentos públicos, principalmente da Finep, cujo portfólio é o mais amplo[42]. Apesar de bastante utilizados, os programas não reembolsáveis pecam pela incerteza em relação a datas de editais e continuidade – fala-se muito da importância da previsibilidade (com calendário de editais ou fluxo contínuo de editais, por exemplo) e da necessidade de programas contínuos ou de longo prazo. No que se refere aos programas com recursos reembolsáveis, apesar das boas taxas de juros para financiamento de inovação, por exemplo, o problema seria a necessidade de garantias,

[42] As conversas com empresários foram realizadas antes do lançamento do maior programa da Finep atualmente, o Inova Empresa.

uma vez que boa parte das empresas é de pequeno porte e muitas vezes não tem patrimônio. Nesse sentido, um tema recorrente é a criação de fundos garantidores de risco. Isso se torna mais complicado conforme as empresas passam da fase de pesquisa propriamente dita e começam a precisar de recursos para infraestrutura e capital de giro (BIOMINAS/PwC, 2011).

Como mostram os dados, é muito comum encontrar em biotecnologia empresas nacionais de pequeno porte com forte interação com universidades e institutos de pesquisa e com financiamento público para P&D. Um caso com essas características é a BUG. A empresa foi criada em 2001 na Esalq, em Piracicaba, e desenvolve e comercializa vespas que atacam os ovos de pragas, como a mariposa chamada broca-da-cana. Obteve financiamento da Fapesp por meio do PIPE ao longo dos últimos dez anos e em 2011 juntou-se à empresa Promip, de modo a ampliar o portfólio de produtos baseados em ácaros e insetos para controle biológico em plantações (VASCONCELOS, 2012b; BUG, 2013). A empresa tem como mercado para exportação de seus produtos a Europa, especialmente por causa da proibição de alguns inseticidas naquele continente, o que abriu uma oportunidade para a entrada do controle biológico de pragas (BIOMINAS, 2009).

É importante lembrar aqui a discussão sobre a questão da regulação, já mencionada e que será retomada no Capítulo 5. Decisões políticas têm influência direta na estrutura dos mercados, e na biotecnologia isso tem grande impacto. Os exemplos da liberação da utilização de OGMs, da proibição de bioinseticidas, da mistura de percentuais de utilização de biocombustível na gasolina ou no diesel ilustram como pesquisas e produtos podem em poucos anos entrar na pauta graças a modificações regulatórias ou decisões políticas.

Outro exemplo da participação do recurso público são as parcerias que envolvem contrapartidas da empresa. A Odebrecht Agroindustrial firmou em 2011 um acordo de cooperação com a Fapesp em que cada uma investe R$ 10 milhões para pesquisas em "plantio, colheita e processamento de cana-de-açúcar e seus derivados" (ODEBRECHT AGROINDUSTRIAL, 2013). Os R$ 20 milhões são utilizados em onze parcerias da empresa com institutos de universidades do Estado de São Paulo, como USP, Unicamp e UFSCar, principalmente em melhoramento genético e "manejo de variedades de cana-de-açúcar; melhoria da fermentação com ganhos em produtividade; recuperação e uso de subprodutos e resíduos; e desenvolvimento de biomassas de ciclo curto para complementar a cana" (ODEBRECHT

AGROINDUSTRIAL, 2013; PIERRO, 2013). A empresa teve também cinco projetos aprovados no âmbito do PAISS, plano conjunto de Finep e BNDES para o setor sucroenergético, com cerca R$ 250 milhões em investimentos em quatro anos.

Na mesma linha pode ser visto o caso da Natura, que combina seus objetivos de pesquisa de longa duração com parcerias com instituições e agências públicas de fomento, também dividindo custos e riscos. Um exemplo é o Centro de Pesquisa Aplicada em Bem-Estar e Comportamento Humano. Implementado em 2014 junto com a Fapesp, nele cada uma das partes vai investir R$ 1 milhão durante dez anos para pesquisas em áreas como neurociência, neuropsicofisiologia e psicometria, nas quais estão incluídas investigações sobre marcadores biológicos de bem-estar ou bases biológicas de padrões comportamentais positivos (FAPESP, 2014)[43].

A Natura é uma empresa que tem buscado arranjos institucionais diversos para desenvolvimento de produtos e processos. Sua área de P&D está vinculada diretamente à vice-presidência de inovação[44] e o investimento em P&D é de cerca de 3% da receita líquida, por volta de R$ 200 milhões. A empresa tem cerca de trezentos pesquisadores internos de dezenas de especialidades, sendo metade com mestrado ou doutorado, além dos pesquisadores externos de instituições com as quais são feitas parcerias para projetos específicos. O projeto Natura Campus, por exemplo, é uma tentativa, segundo a empresa, de trabalhar em inovação aberta, nos moldes de Chesbrough (2003) (ERENO, 2012b). As instituições envolvidas como parceiros externos são USP, Unicamp, Unesp, Unifesp, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Ipen), Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), Embrapa, Laboratório Nacional de Biociências (LNBio), MIT (dos EUA) e Centro Nacional da Pesquisa Científica (CNRS) e Universidade de Lyon 1 (ambos da França).

Há também casos de arranjos entre instituto de pesquisa, financiador público e empresa em que o investimento público é feito no instituto de pesquisa e a empresa entra como parceira. O desenvolvimento de proteína recombinante para medicamento contra câncer em pesquisas realizadas no Instituto Butantan, por pesquisadora integrante do programa Cepid, da Fapesp, é um exemplo. Após doze anos de pesquisas em anticoagulantes, uma proteína da glândula salivar do carrapato-estrela se

[43] A Braskem, localizada no Rio Grande do Sul, é outro exemplo de novos arranjos organizacionais entre empresas, universidades e governo, especialmente na área de biopolímeros.

[44] São quatro diretorias: ciência, tecnologia, ideias e conceitos; desenvolvimento de produtos; gestão e rede de inovação; e segurança do consumidor.

mostrou positiva para esse fim, mas apresentou também atividade antitumoral. A farmacêutica União Química, parceira na pesquisa, tem interesse no desenvolvimento de medicamento para terapias contra melanoma, câncer de pâncreas e câncer renal. Os testes *in vivo* (com camundongos) foram positivos para o tratamento de melanoma, e em 2013 começaram os testes pré-clínicos. Nesse caso Butantan, Fapesp e União Química detêm a propriedade intelectual da nova molécula (ERENO, 2012c).

Algumas empresas financiam, portanto, a inovação e o desenvolvimento de produtos mediante cooperação e arranjos diversos, muitas vezes difíceis de mapear e classificar em padrões. Essa prática pode estar relacionada também à ausência de uma indústria de capital de risco privado no Brasil. Se, por um lado, os recursos públicos são amplamente utilizados pelas empresas, por outro, os recursos de tipo capital de risco privado são utilizados por apenas 19% delas no Estado de São Paulo. Mesmo assim, o percentual está acima do registrado pelas empresas de outros estados do Brasil, que é de 12%[45].

Isso expressa o baixo alcance desse tipo de financiamento no setor privado da biotecnologia no Brasil e também quanto essa modalidade de investimento pode crescer no país. Nesse sentido, vale mencionar a chegada em 2011 da gestora Burril & Company, com sede nos EUA e forte investidora na área de biotecnologia. A empresa reuniu investidores para constituir o Fundo Burril Brasil I, com valor de US$ 200 milhões (*Valor Econômico*, maio de 2011). De acordo com o site da CVM, o "Fundo Burrill Brasil I Fundo Mútuo de Investimento em Empresas Emergentes Inovadoras" foi constituído em 23/12/2011 e estava em funcionamento normal em janeiro de 2014[46].

Por fim, cabe mencionar doações de organizações filantrópicas, como a Bill and Melinda Gates Foundation, que tem auxiliado empresas na área de saúde humana em todo o mundo. No Brasil, esse tipo de financiamento ainda é incipiente.

***

[45] As fontes são a pesquisa própria realizada para a tese e CEBRAP, 2011. Das 314 empresas do Brasil, há informação para 140 (45% do total).

[46] Na época do anúncio do fundo, as instituições que iriam aplicar recursos seriam: Burrill, BNDES, Finep, Fundo Multilateral de Investimentos (Fumin-BID), Pfizer EUA e Nossa Caixa Desenvolvimento. Não foi possível verificar se todas de fato o fizeram.

A discussão sobre a esfera do mercado em biotecnologia apresentada neste capítulo permite observarmos a dinâmica da biotecnologia como atividade econômica e como, a partir de seu ator principal, as empresas, ocorre a articulação com os atores das esferas ciência e Estado: a dependência do conhecimento científico de universidades e institutos de pesquisa, por um lado, e do financiamento para P&D das agências públicas, por outro. Não se trata, portanto, de uma opção das empresas, mas sim da dinâmica do mercado em biotecnologia.

Em termos territoriais, a concentração das empresas no Estado de São Paulo e mais especificamente em poucos municípios é significativa. O fato de se tratar de cidades com infraestrutura de ciência e tecnologia, como São Paulo, Campinas, Ribeirão Preto e Piracicaba, será explorado no Capítulo 4, de modo a buscarmos as afinidades das áreas de atuação das empresas com as áreas de conhecimento da pesquisa realizadas nesse locais.

A diversidade das áreas de atuação das empresas, por sinal, é um elemento importante em nossa argumentação sobre a dificuldade em falar de um setor de biotecnologia. Apesar de similaridades em termos de estrutura do mercado, como a parceria entre pequenas empresas de base tecnológica e as grandes empresas das áreas de saúde e de energia, as diferenças setoriais, de cadeias produtivas e mesmo de produtos tornam difícil a argumentação a favor de um "setor".

As informações sobre a formação altamente qualificada dos sócios das empresas com atividades biotecnológicas assim como aquelas sobre a interação com universidades e institutos de pesquisa evidenciam a articulação densa entre os atores das esferas mercado e ciência para o desenvolvimento de pesquisas e produtos.

Por fim, observamos a importância dos recursos públicos para financiamento de P&D provenientes de agências de fomento e bancos, o que mostra a dependência das empresas com atividades biotecnológicas desse tipo de relação com os atores da esfera Estado. Aqui o tema foi tratado da perspectiva das empresas. No Capítulo 5, abordaremos as políticas, programas e ações para P&D e inovação em biotecnologia partindo da esfera Estado, o que permitirá detalhar o que vem sendo feito na área nas últimas três décadas.

4) Ciência e biotecnologia em São Paulo: o potencial de produção científica

Este capítulo tem como foco a esfera da ciência, a partir da observação das universidades, dos institutos de pesquisa e laboratórios públicos. Assim como é necessário um denso trabalho metodológico para estimar o universo de empresas com atividades biotecnológicas, a análise da capacidade de produção científica relacionada à biotecnologia deve ser precedida de cuidados metodológicos para definir o que está sendo mensurado.

Nas classificações por área de conhecimento que organizam a ciência brasileira (e mundial) também não há uma área chamada biotecnologia que agrupe tudo que é produzido em biotecnologia, de modo que possamos facilmente analisar suas condições e seus resultados. Até há uma área de conhecimento específico chamada biotecnologia na classificação oficial brasileira, mas ela foi formalmente criada recentemente e está muito longe de espelhar a produção nacional de fato (como veremos na análise ao longo do capítulo).

Por isso, realizamos um esforço metodológico de buscar nas bases de dados existentes uma forma de explorar aquele potencial de produção científica que pode estar relacionado à biotecnologia, seja pelas áreas de conhecimento (genética, microbiologia, medicina veterinária etc.), seja pelos temas de pesquisa (sequenciamento de DNA, biorremediação, proteômica, cultura de tecidos etc.). Tal esforço aparece nas duas seções deste capítulo.

Na primeira delas, buscamos discutir a capacidade de produção científica em áreas relacionadas à biotecnologia no Estado de São Paulo. Será feita uma análise utilizando os programas de pós-graduação de diversas áreas de pesquisa, considerando os pesquisadores matriculados (mestrandos e doutorandos) e os docentes vinculados aos programas em áreas de conhecimento relacionadas à biotecnologia. Os dados utilizados são coletados pela Capes, que cuida da avaliação da pós-graduação brasileira, e podem servir de *proxy* da produção científica relacionada à biotecnologia, uma vez que esses pesquisadores estão produzindo conhecimento na academia. A análise foca o Estado de São Paulo e faz comparações com Brasil conforme seja necessário.

Na segunda parte, a análise se volta para a interação universidade-empresa. Aqui, os grupos de pesquisa em biotecnologia e em áreas correlatas que de fato

realizam atividades biotecnológicas são o objeto de análise. As informações são do diretório de grupos do CNPq e permitem observar não só a produção científica mas também possíveis relacionamentos com o setor privado.

Se na primeira parte a unidade de análise é o programa de pós-graduação (utilizando o pesquisador como *proxy*), o que permite avaliar quais são as áreas de conhecimento em que o Brasil atua e sua distribuição no território, na segunda seção a unidade é o grupo, a pesquisa em si mesma, o que permite observar resultados de investigação e suas conexões com a sociedade, especialmente com as empresas.

O objetivo do capítulo é apresentar um panorama do potencial de pesquisa em biotecnologia da academia em São Paulo, buscando as articulações com os atores das esferas mercado e Estado: mediante correlações locacionais de empresas e universidades e interações universidade-empresa; e pela questão do financiamento público e das políticas de estímulo a pesquisa.

4.1) Produção científica relacionada à biotecnologia na pós-graduação de São Paulo

A produção científica em universidades, institutos de pesquisa e laboratórios é um dos pilares da biotecnologia em qualquer parte do mundo. O Brasil tem um sistema de pós-graduação bem estruturado, que proporciona condições para que a ciência brasileira seja avançada em algumas áreas, apesar de bastante desigual em termos setoriais e de distribuição no território, como veremos a seguir.

A pós-graduação brasileira se apoia em dois órgãos federais: a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), do Ministério da Educação, responsável pela avaliação e também por financiamento a pesquisa; e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), uma agência do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) que fomenta a pesquisa científica e tecnológica e a formação de recursos humanos. Além disso, diversas fundações estaduais de fomento à pesquisa são essenciais para esse financiamento no Brasil, como a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

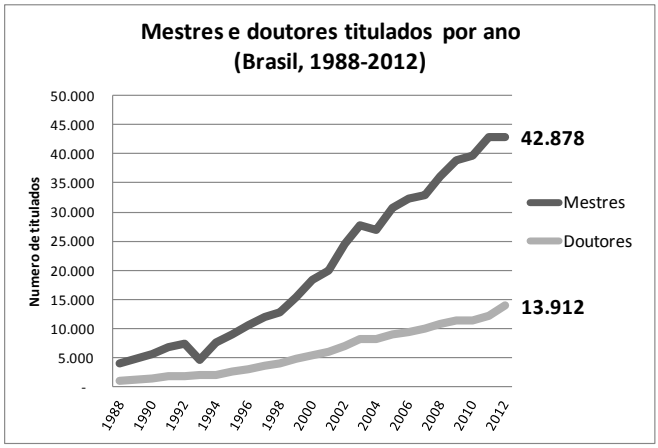
Nos últimos vinte anos, tais instituições aperfeiçoaram sua atuação, houve crescimento nos dispêndios tanto em C&T como em P&D no Brasil e o sistema de ensino superior e pesquisa tem apresentado resultados positivos em termos de recursos humanos (formação de pesquisadores) e produção científica (artigos

publicados). No entanto, o impacto dessas publicações e a produção tecnológica (medida por patentes) não avançaram. A análise a seguir foca os recursos humanos em pesquisa como *proxy* do potencial de produção científica e aborda, brevemente, a evolução da publicação de artigos.

4.1.1) Recursos humanos para pesquisa: crescimento no Brasil

No que se refere à formação de recursos humanos em nível de pós-graduação, o crescimento no Brasil nas duas últimas décadas foi expressivo. Em 1987, o país formou 3.965 mestres e 990 doutores. Em 2012, foram titulados quase onze vezes mais mestres (42.878) e quase catorze vezes mais doutores (13.912) do que há 24 anos (Gráfico 10). Três aspectos merecem destaque em relação à tendência de crescimento.

Gráfico 10



Fonte: CAPES, 2012. Elaboração própria

O primeiro é que há uma forte concentração no Estado de São Paulo: um quarto dos mestres e 40% dos doutores se titularam em instituições paulistas. A concentração regional de C&T no Brasil pode ser vista sempre tanto como um ponto positivo quanto como um problema. Apesar de sabermos que os pesquisadores circulam após o período de pós-graduação, isso pode ser uma preocupação em termos do desenvolvimento científico e tecnológico do país como um todo. Por um lado, a própria aglomeração de atividades em certas regiões permite o fluxo de conhecimento tácito, o aprendizado via proximidade física e institucional e os chamados efeitos de transbordamento (*spillovers*), como a criação de novas empresas em centros regionais

especializados, o que é essencial para a indústria de biotecnologia. Por outro lado, ela indica que o Brasil está subutilizando sua capacidade e sua diversidade regional e de conhecimento local para o desenvolvimento científico em áreas relacionadas à biotecnologia e para o próprio desenvolvimento econômico e social do país. Os dados ao longo desta pesquisa demonstram a dependência de recursos financeiros, humanos e de infraestrutura dos estados mais desenvolvidos, principalmente São Paulo, para que o país possa desenvolver inovações em biotecnologia.

O segundo aspecto é que, apesar de a proporção de pesquisadores no total da população estar melhorando no Brasil, ela ainda é baixa quando comparada àquela dos países desenvolvidos. O número de pesquisadores por milhão de habitantes é 660 no Brasil, 4.500 nos EUA, 5.500 no Japão e 4.500 na Coreia do Sul (HOLLANDERS e SOETE, 2010). Por essa razão, o Brasil contribui com apenas 1,7% dos pesquisadores do mundo, muito menos do que todos os desenvolvidos, além de China, Índia e Rússia.

O terceiro aspecto é o fato de os pesquisadores encontrarem poucas oportunidades no mercado de trabalho no Brasil, sendo majoritariamente empregados em universidades e institutos de pesquisa (68%), e não no setor privado (27%), como nos países desenvolvidos (MCT, 2013). O baixo número de pesquisadores no setor privado pode ser um dos fatores responsáveis pelas baixas taxas de inovação e de tecnologia proprietária das empresas.

Apesar da participação expressiva em humanidades e ciências sociais (por volta de 40%) e da baixa proporção em engenharia (aproximadamente 5%), houve incremento na formação de recursos humanos nas grandes áreas de conhecimento relacionadas à biotecnologia. Em 2012, 35% dos novos mestres eram de áreas como ciências agrárias, biológicas e da saúde. E 42% dos doutores titulados no mesmo ano eram dessas áreas relacionadas à biotecnologia. Se compararmos esses dados com os do ano de 2000 (Gráficos 11 a 13), o número de mestres e doutores mais que dobrou nessas três áreas, sendo que o número de doutores em ciências agrárias em 2012 foi 3,4 vezes o de 2000.

Gráfico 11

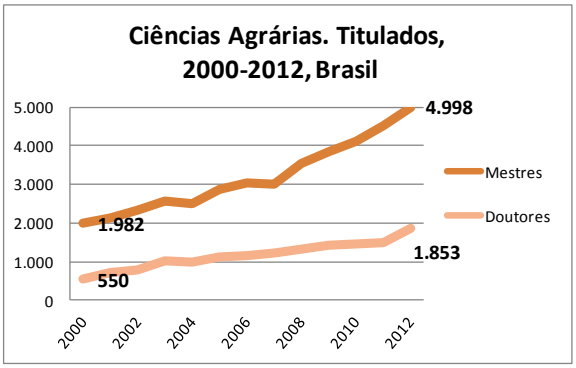


Gráfico 12

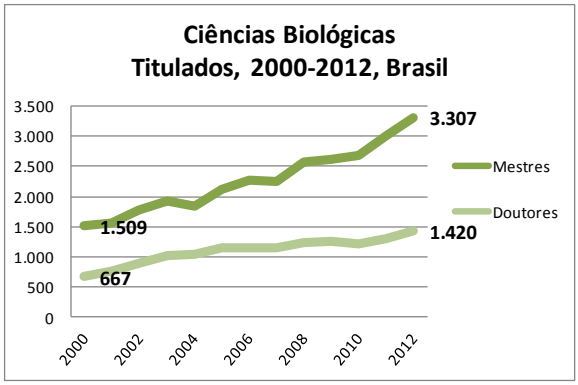
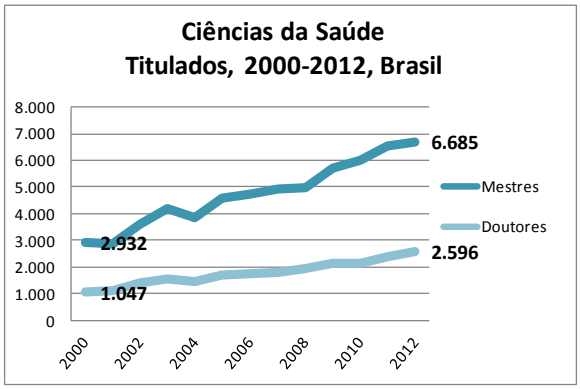


Gráfico 13



Fonte: Capes. Elaboração própria.

O Estado de São Paulo concentra mais da metade dos doutores (55%) e quase um terço dos mestres titulados em Ciências da Saúde. Nas outras áreas a concentração é menor, porém ainda bastante significativa: em Agrárias, o estado forma 21% dos mestres e 32% dos doutores e em Biológicas responde por 23% e 36%, respectivamente.

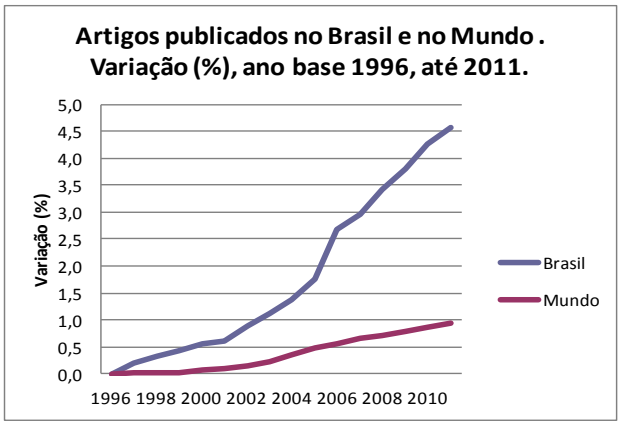
Antes de entrarmos na análise da formação de recursos humanos nas áreas de conhecimento específicas relacionadas à biotecnologia em São Paulo, vale a pena observar o desempenho brasileiro na publicação de artigos, que acompanha a formação de recursos humanos apresentada acima.

4.1.2) Produção científica: aumento em publicações

Nos últimos anos, vem ocorrendo também um crescimento no número de publicações brasileiras de forma geral e na participação relativa do país no total produzido no mundo. De acordo com o último SIR World Report, que ranqueou 3.290 instituições de pesquisa de 106 países, o Brasil ocupa a 10ª posição em performance científica (SIR, 2012) – medida que considera o número de publicações. Outra fonte importante é a base Scopus, a qual mostra que, em 2011, o Brasil publicou 46.933 artigos, 2,3% dos 2.062.532 no mundo (mais da metade da América Latina, 54,1%). Chama atenção o fato de o Brasil ter crescido de forma mais acentuada que o total do mundo desde o final dos anos 1990 (Gráfico 14)[47].

Em relação às informações sobre número de artigos publicados em periódicos científicos indexados de outra fonte, a Thomson/ISI, o Brasil produzia 6 mil em 1996 e passou para 32 mil em 2009. Isso significa um salto considerável na participação nas publicações no mundo, passando de 0,9% do total mundial em 1996 para 2,7% em 2009 (MCTI, 2013).

Gráfico 14



Fonte: Scopus; MCTI. Elaboração própria

[47] São valores publicados pelo SCImago Journal & Country Rank (2012), e no levantamento foram incluídos os chamados documentos passíveis de citação ("Citable Documents").

Junto com China, Coréia do Sul, Turquia e Taiwan, o Brasil ficou entre os cinco países com maior crescimento percentual na publicação de artigos entre 1981 e 2009. Em termos absolutos, entre 2001 e 2009, apenas China, EUA, Coréia do Sul, Índia e Canadá tiveram variação maior que a brasileira (HOLLANDERS e SOETE, 2010).

O Brasil ocupa agora a 13ª posição no ranking mundial, mas ainda está atrás de países de menor economia e população, como França (65 mil), Canadá (55 mil), Itália (51 mil), Espanha (44 mil), Coreia do Sul (39 mil) e Austrália (38 mil), além de EUA, China, Reino Unido, Alemanha e Japão (CRUZ e CHAIMOVICH, 2010).

Esse número de artigos publicados é outro indicador que explicita a concentração regional da ciência no Brasil: apenas sete universidades (todas públicas) respondem por 60% desses artigos em periódicos internacionais, sendo a USP responsável por cerca de um quarto do total (CRUZ e CHAIMOVICH, 2010).

Ao observamos essa informação desagregada por grandes áreas do conhecimento, verificamos que há uma participação expressiva em áreas relacionadas à biotecnologia. Das onze áreas em que o Brasil tem maior participação em artigos publicados indexados no total mundial, oito estão relacionadas à biotecnologia e aumentaram sua participação na produção mundial entre 2004 e 2009 (Tabela 1). Além disso, Farmacologia e Toxicologia, Microbiologia, Biologia e Bioquímica e Neurociências e Ciências Comportamentais são conjuntos em que o Brasil tem maior peso relativo, já que aparecem com participação acima da média geral brasileira no mundo (2,7%)[48].

Em relação ao impacto das publicações brasileiras, apesar de ainda ser baixo, é interessante notar que ele aumentou, passando de 1,45 citação por artigo dois anos após a publicação, em 2000, para 2,05 citações, em 2007 (CRUZ e CHAIMOVICH, 2010). E as áreas que mais se destacam são justamente aquelas relacionadas a ciências da saúde e agrárias, e principalmente no Estado de São Paulo (FAPESP, 2011c).

[48] Importante lembrar que os dados da Thomson Reuters Science Citation Index não captam todo o movimento de aumento de produtividade da ciência brasileira, uma vez que ele ocorre também em periódicos locais (fora da contagem da empresa), muitos com circulação somente em português.

Tabela 1: Publicações segundo área de conhecimento. Participação do Brasil no total mundial segundo área do conhecimento. 2004 e 2009.

Grande área do conhecimento	% Brasil em relação ao mundo	
	2004	2009
1 Ciências Agrárias	2,9	9,9
2 Ciências dos Animais/Plantas	3,4	7,0
3 Farmacologia e Toxicologia	2,3	4,0
4 Microbiologia	2,2	3,3
5 Ciências Sociais em geral	0,9	3,3
6 Ecologia/Meio Ambiente	2,4	3,0
7 Biologia e Bioquímica	1,9	2,8
8 Neurociências e C. Comportam.	2,1	2,8
9 Clínica Médica	1,4	2,7
10 Imunologia	2,0	2,3
11 Biologia Molecular/Genética	1,3	2,3
12 Física	2,6	2,0
13 Química	1,6	2,0
14 Ciências Espaciais	2,1	1,9
15 Matemática	1,8	1,8
16 Multidisciplinar	1,6	1,8
17 Ciência dos Materiais	1,5	1,8
18 Geociências	1,4	1,7
19 Engenharia	1,5	1,5
20 Psicologia/Psiquiatria	0,4	1,5
21 Ciência da Computação	1,6	1,2
22 Economia e Negócios	0,4	0,9

Fonte: National Science Indicators (NSI). Thomson Reuters Scientific INC. Elaboração própria.

Por fim, vale mencionar a evolução do Brasil nas duas últimas décadas em termos de registros de patentes. Houve um aumento no número de patentes depositadas no escritório de marcas e patentes dos EUA (USPTO) entre 1988 e 2011. Considerando os depósitos com primeiro autor residente no Brasil, foram 71 pedidos em 1988 e 586 em 2011, um aumento de 725%. E as concessões aumentaram de 29 em 1988 e para 254 em 2011 (775%).

No entanto, esse crescimento em termos absolutos não foi expressivo em termos relativos, pois muitos outros países também aumentaram o seu número de patentes, sendo que alguns, como Coreia do Sul, China e Índia, tiveram desempenho muito acima do Brasil. Por esse motivo, o país, que ocupava a 30ª posição no ranking de patentes concedidas em 1988, passou apenas para a 29ª em 2011. Ou seja, o Brasil continua ocupando uma posição de pouco destaque no ranking de países em termos de registro internacional de propriedade intelectual. Além disso, vale ressaltar dois pontos: a maioria das patentes é gerada em universidades e institutos de pesquisa

públicos, e não no setor privado, diferentemente do que ocorre em outros países, como os EUA; e metade delas tem origem no Estado de São Paulo (FAPESP, 2011b).

4.1.3) Metodologia para mensurar potencial de pesquisa em biotecnologia

Visto que houve um aumento expressivo na formação de recursos humanos, seguido de maior participação na produção científica mundial nessas áreas de ciências da saúde, agrárias e biológicas, uma opção para a análise sobre o potencial de produção científica voltada à biotecnologia no país é a utilização das informações da pós-graduação brasileira, tanto pública como privada. Nesse caso, a fonte são os dados da Capes, os quais servem de base para a instituição avaliar os programas de pós-graduação no Brasil.

Antes de realizar os cruzamentos dos dados, foi preciso um trabalho de filtragem das áreas que poderiam ser de interesse pelo fato de estarem relacionadas ou servirem de base a atividades biotecnológicas.

Inicialmente foram selecionadas as chamadas "grandes áreas" da Capes[49] que podem ter programas de pós-graduação com pesquisas em biotecnologia. São elas: Ciências Biológicas, Engenharias, Ciências da Saúde, Ciências Agrárias, Multidisciplinar e Medicina. Isso porque consideramos as áreas de atuação das empresas com atividades biotecnológicas (saúde humana, insumos, saúde animal, agricultura, bioenergia e meio ambiente), além, claro, dos temas que mais aparecem na literatura sobre biotecnologia e em revistas de divulgação científica.

Feita essa primeira escolha geral, analisamos dentro de cada grande área e selecionamos as chamadas "áreas de avaliação", segundo o critério da Capes, que podem conter programas de pesquisa em biotecnologia. São elas: Ciência de Alimentos; Ciências Agrárias; Ciências Biológicas I, II e III; Engenharias IV, Interdisciplinar, Medicina I, II e III, Medicina Veterinária e Zootecnia/Recursos Pesqueiros.

Por fim, observamos dentro de cada "área de avaliação" e selecionamos algumas das chamadas "áreas de descrição". Para isso, foram analisados os "Relatórios de Avaliação das Áreas" e os "Documentos de Área" (Capes, 2010) referentes à avaliação trienal 2007-2009 (SILVA FILHO, 2010; LOPES, 2010;

[49] A Capes utiliza uma classificação de áreas de conhecimento com a seguinte desagregação, do geral ao específico: grandes áreas; áreas de descrição; e áreas de avaliação.

MATTOS, 2010, PASQUAL, 2010; SILVA, 2010). Como os próprios nomes já dizem, são documentos que avaliam as linhas de pesquisa em cada área e descrevem conteúdos do que está sendo feito na área. A leitura dos relatórios permitiu um detalhamento maior do que as áreas realmente produzem e, com isso, foi possível realizar uma aproximação da possibilidade de os programas terem pesquisa em biotecnologia[50].

No que se refere à área denominada biotecnologia, selecionamos todos os quarenta programas de pós-graduação que fazem parte dessa área de avaliação. Ela foi criada pela Capes em 2008, com programas que migraram de grandes áreas, como ciências biológicas, interdisciplinar, engenharias e ciências agrárias.

Selecionamos, portanto, as seguintes "áreas de descrição" para compor o banco de dados de áreas correlatas a biotecnologia, agrupadas em "grandes áreas", também conforme nomenclatura da Capes:

- ✓ **Ciências Agrárias**: Agronomia (inclui também programas em Fitopatologia, Fitotecnia, Melhoramento Vegetal e Microbiologia Agrícola); Medicina Veterinária; e Zootecnia (inclui Genética e Melhoramento de Animais e Produção Animal).
- ✓ **Ciências Biológicas**: Biologia Geral (Botânica); Bioquímica, Biofísica, Farmacologia e Farmácia[51]; Genética; Imunologia, Microbiologia e Parasitologia.
- ✓ **Ciências da Saúde**: Medicina I (Cardiologia; Cancerologia; Dermatologia; Nefrologia); Medicina II (Alergologia e Imunologia Clínica; Anatomia Patológica e Patologia Clínica; Doenças Infecciosas e Parasitárias; Hematologia; Reumatologia); e Ciência e Tecnologia de Alimentos.
- ✓ **Engenharias e Multidisciplinar**: Engenharia Biomédica e Biotecnologia.

A unidade do banco de dados da Capes é o programa de pós-graduação, e contém as seguintes variáveis: mestres e doutores (tanto matriculados como titulados), docentes e informações como instituição de ensino superior do programa, município e

[50] Também consultamos informalmente pesquisadores de algumas dessas áreas de modo a obter informações sobre os temas de pesquisa.

[51] A área Farmácia aparece originalmente em Ciências da Saúde, mas aqui foi agrupada com outras similares em Ciências Biológicas para facilitar a análise.

estado. A informação principal selecionada para a análise foi a de número de matriculados (mestrandos e doutorandos) e docentes em programas de pós-graduação (em 2011). Daqui em diante denominamos esse grupo como "pesquisadores em áreas relacionadas à biotecnologia". Assumimos que tal informação possa ser tomada como *proxy* da capacidade de produção de C&T no país, uma vez que se trata daqueles que estão fazendo pesquisa atualmente e formalmente em programas de pós-graduação.

É importante ressaltar que não estamos assumindo que esses sejam todos os pesquisadores no Brasil trabalhando em atividades biotecnológicas de fato.

Primeiramente, ao considerarmos apenas os docentes dos programas de pós-graduação, estamos subestimando o potencial de pesquisa, pois os docentes vinculados aos programas de pós-graduação são em número menor que docentes em geral e doutores com dedicação exclusiva, ou seja, profissionais que podem também estar realizando pesquisa. É possível calcular tal subestimação em torno de 17%. Isso porque, tomando por base 2007, é essa aproximadamente a diferença encontrada em instituições de ensino superior (IES) federais, onde havia 25.697 docentes com dedicação exclusiva com doutorado e 21.084 docentes na pós-graduação (diferença de 4.613 ou 17,9%). Para as IES estaduais, eram 12.820 contra 10.668, diferença de 2.152 (16,8%) (FAPESP, 2011a).

Em segundo lugar, por um lado, vale lembrar a impossibilidade de detalhar precisamente e desagregar por área de conhecimento tanto esse conjunto de doutores como aqueles pesquisadores em empresas ou em laboratórios de pesquisa públicos e privados (sem vínculo com pós-graduação). De alguma forma, estamos subestimando o conjunto de pesquisadores em biotecnologia nesta análise.

Por outro lado, como já mencionado, nem todos os pesquisadores dessas áreas selecionadas estão de fato fazendo pesquisas em atividades biotecnológicas, mas estão sim em áreas relacionadas à biotecnologia – com exceção da área nomeada biotecnologia. Aqui estaríamos, portanto, superestimando o conjunto de pesquisadores em biotecnologia. Esses são alguns prós e contras de utilizar tal base de dados da Capes.

Nas seções a seguir, analisaremos essas informações buscando avaliar as áreas com maior densidade de potencial de produção científica e sua distribuição no território. A Tabela 2 resume tal distribuição por área de conhecimento, destacando a participação do estado de São Paulo no total de matriculados e docentes no país.

Tabela 2: Matriculados (mestrado e doutorado) e docentes em programas de pós-graduação de áreas relacionadas à biotecnologia. São Paulo e outros estados do Brasil, 2012.

Área de conhecimento específica ("área descrição" na nomenclatura Capes)	MATRICULADOS					DOCENTES				
	SP		Outros estados		Total Brasil	SP		Outros estados		Total Brasil
	Abs	%	Abs	%	Abs	Abs	%	Abs	%	Abs
Agrárias										
Agronomia	1.787	22,9	6.025	77,1	7.812	526	20,1	2.092	79,9	2.618
Medicina Veterinária	707	21,7	2.553	78,3	3.260	213	20,4	830	79,6	1.043
Zootecnia	659	21,6	2.394	78,4	3.053	180	17,4	852	82,6	1.032
Biológicas										
Biologia Geral (inclui Botânica)	1.008	28,0	2.593	72,0	3.601	412	28,5	1.034	71,5	1.446
Bioquímica, Biofísica, Farmácia, Farmacol.	1.459	28,2	3.723	71,8	5.182	535	25,7	1.546	74,3	2.081
Genética	680	44,0	865	56,0	1.545	248	42,9	330	57,1	578
Imunologia, Microbiologia e Parasitologia	582	31,5	1.267	68,5	1.849	208	26,8	568	73,2	776
Saúde										
Medicina I (Cardio; Cancer; Dermato; Nefro)	630	69,4	278	30,6	908	275	66,6	138	33,4	413
Medicina II *	748	27,0	2.022	73,0	2.770	383	31,2	844	68,8	1.227
Ciência e Tecnologia de Alimentos	678	26,6	1.869	73,4	2.547	159	21,9	567	78,1	726
Engenharias e Multidisciplinar										
Engenharia Biomédica	321	67,6	154	32,4	475	147	66,2	75	33,8	222
Biotecnologia	552	25,1	1.651	74,9	2.203	318	26,0	903	74,0	1.221
TOTAL	9.811	27,9	25.394	72,1	35.205	3.604	26,9	9.779	73,1	13.383

* Alergologia/Imunologia Clínica; Anatomia Patológica e Patologia Clínica; Doenças Infecciosas/Parasistárias; Hematologia; Reumatologia

Fonte: Capes, 2012. Elaboração própria.

Em 2012, o conjunto das áreas relacionadas à biotecnologia selecionadas abrange 35.205 matriculados de mestrado e doutorado em programas de pós-graduação no país, sendo 28% (9.811) em São Paulo, distribuídos em 22 municípios. O total de matriculados em todas as áreas no Brasil é 203.717, ou seja, as áreas aqui selecionadas como relacionadas à biotecnologia representam 17,3% do total do país. No que se refere aos docentes nessas áreas, são 13.383 no Brasil, sendo 27% (3.604) no Estado de São Paulo. Essas áreas representam 18,7% do total de docentes em programas de pós-graduação do país.

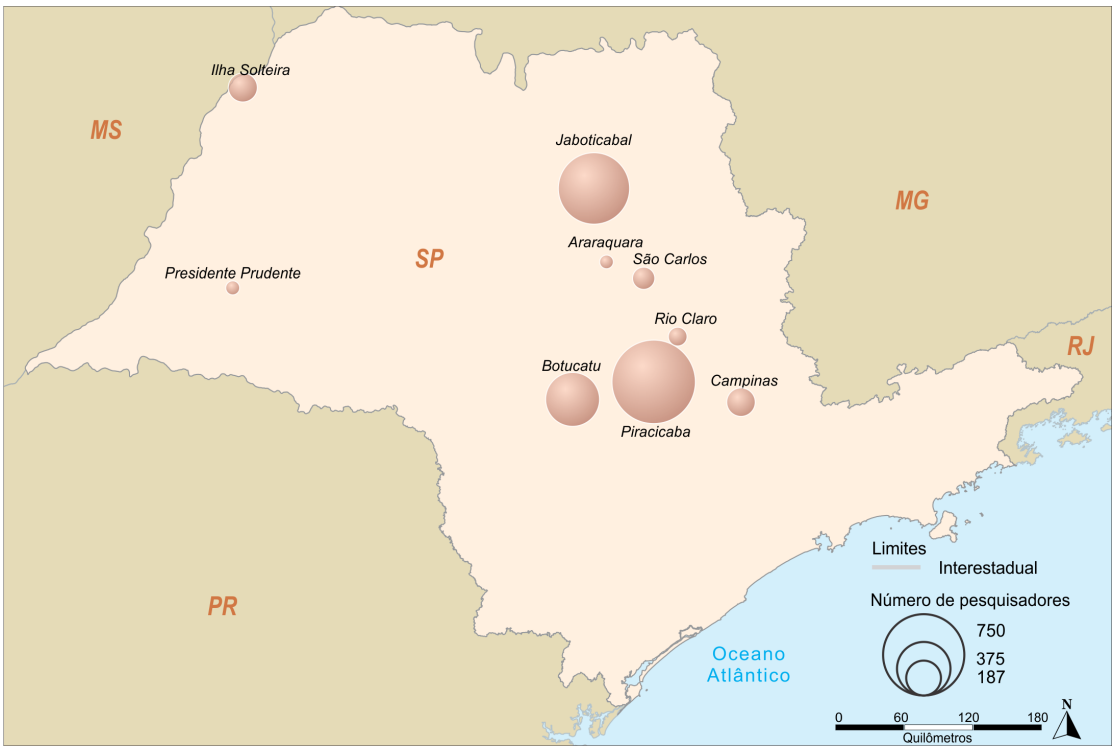
4.1.4) Ciências agrárias: Agronomia; Medicina Veterinária; Zootecnia

A área de Agronomia é uma das mais numerosas em termos de pesquisadores (matriculados e docentes) e, apesar de algumas concentrações regionais de produção científica, também está entre as mais bem distribuídas territorialmente, em razão da sua presença em vários estados brasileiros. É a área com maior número de casos entre as selecionadas (10.430), composta por 2.618 docentes que orientam 7.812 pesquisadores em nível de mestrado e doutorado, em 25 dos 27 estados brasileiros.

Além de São Paulo, que veremos a seguir, a Agronomia é também forte no Estado de Minas Gerais, com cerca de um quarto dos pesquisadores do Brasil, especialmente em Viçosa. Outros estados importantes nessa área são Rio Grande do Sul, Paraná e Bahia.

São Paulo concentra 26% do Brasil: são 1.787 mestrandos e doutorandos e 526 docentes. O destaque é a cidade de Piracicaba, onde está a tradicional Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), unidade da Universidade de São Paulo (USP), com um terço dos matriculados do estado (Mapa 3). Outros polos importantes são os campi da Unesp em Jaboticabal, Botucatu e Ilha Solteira, além da Universidade de Campinas (Unicamp).

Mapa 3: Matriculados na pós-graduação. Agronomia. São Paulo, 2012.



Fonte: GeoCapes, 2012. Elaboração própria. Edição: André de Freitas Gonçalves.

Nas palavras de Silveira et al. (2005), fica claro como a força do país na agricultura tem as bases na pesquisa científica: "o Brasil é o único país tropical considerado um grande player no cenário agrícola mundial. Essa posição foi conquistada com muitos anos de pesquisa científica voltada para um melhor aproveitamento das suas vantagens naturais: clima tropical e subtropical, cerrados (que permitem rápida expansão da área cultivada e aumento rápido da produtividade) e germoplasma selecionado e adaptado de grande variabilidade (obrigação frente à

grande variabilidade ambiental). A pesquisa científica contribuiu não apenas para o aumento da produtividade, mas também para a melhora na qualidade dos produtos e para o aumento da diversificação da produção. A produção de soja na região Centro-Oeste e a de frutas na região Nordeste são exemplos da contribuição da pesquisa para a diversificação" (SILVEIRA et al., 2005: 102).

Outra área de conhecimento com pesquisa avançada no Brasil é a de medicina veterinária: são 4.303 pesquisadores em dezessete estados brasileiros. A concentração em São Paulo é também considerável (21%). Os polos mais importantes estão localizados no município de Jaboticabal (a Unesp), onde há 348 mestres, doutores e docentes em programas de pós-graduação, e na capital paulista (a USP), com 353 pesquisadores (Mapa 4).

Mapa 4: Matriculados na pós-graduação. Medicina Veterinária. São Paulo, 2012.

Fonte: GeoCapes, 2012. Elaboração própria. Edição: André de Freitas Gonçalves.

O Estado de Minas Gerais também é forte em medicina veterinária, participando com 17% dos pesquisadores do Brasil. E há também programas de pós-graduação voltados à saúde animal com significativo volume de pesquisadores no Rio Grande do Sul, no Rio de Janeiro e no Paraná.

No caso de zootecnia, que envolve atividades como genética, melhoramento e reprodução animal, o destaque nacional em volume é Minas Gerais, que concentra um

quarto dos pesquisadores em pós-graduação no Brasil, especialmente nos municípios de Viçosa, Belo Horizonte e Lavras. No Estado de São Paulo estão 20% dos pesquisadores do país. Apesar de alta, essa é a menor participação entre as áreas de conhecimento aqui selecionadas, o que mostra a proeminência do estado paulista nas áreas relacionadas à biotecnologia. As cidades que têm os programas de pós-graduação com maior número de pesquisadores em zootecnia são Jaboticabal (Unesp), a capital do estado (USP), Piracicaba (USP/Esalq) e Botucatu (Unesp).

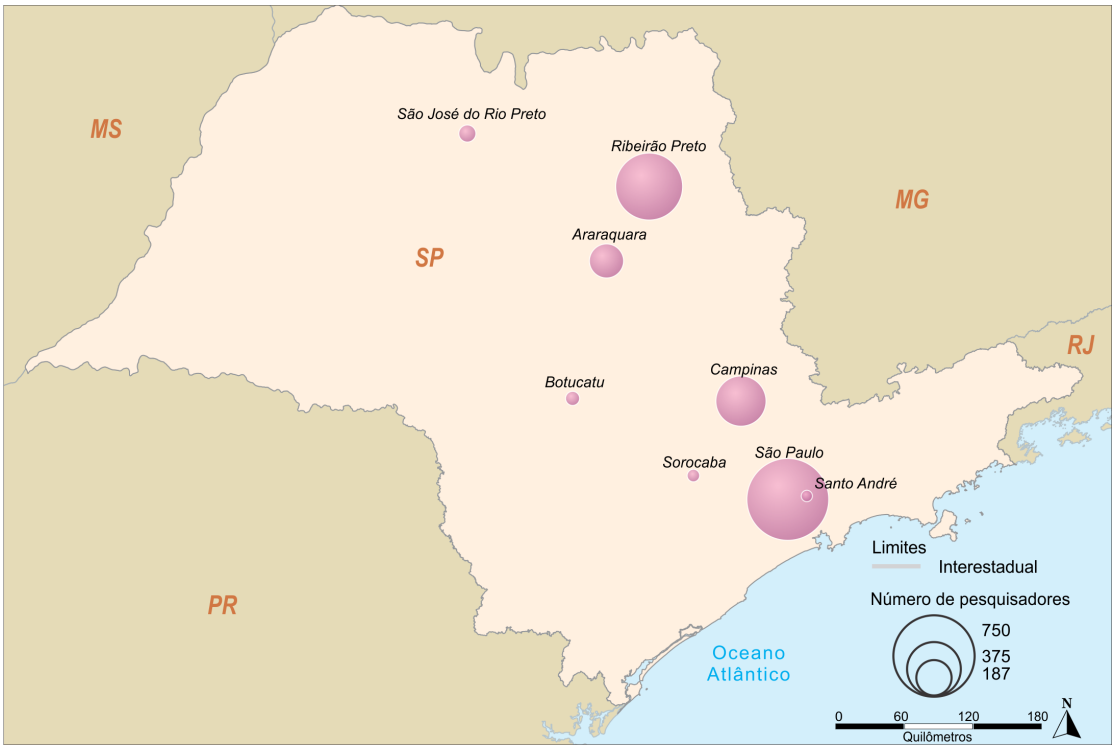
4.1.5) Ciências biológicas: Biologia Geral; Bioquímica, Biofísica, Farmacologia e Farmácia; Genética; Imunologia, Microbiologia e Parasitologia

Outro conjunto de pesquisadores numeroso em termos nacionais é aquele formado pelas áreas de bioquímica, biofísica, farmácia e farmacologia. Não apenas porque estamos somando quatro áreas específicas, mas pelo fato de o país abrigar 5.182 mestrandos e doutorandos trabalhando com 2.081 docentes.

Nesse caso, a concentração em São Paulo é expressiva: 28% do total de pesquisadores nessas áreas no Brasil estão distribuídos em cidades como a capital paulista (761 pesquisadores, expressivos 10% do total no país, principalmente na USP e alguns na Unifesp), Ribeirão Preto (543, especialmente em Farmácia, no campus local da USP) e Campinas (335, principalmente em Bioquímica, na Unicamp)[52] (Mapa 5).

[52] No que se refere a outros municípios no Brasil, há concentrações no Rio de Janeiro, além de Fortaleza, Recife, Belo Horizonte e Porto Alegre.

Mapa 5: Matriculados na pós-graduação. Bioquímica, farmácia e farmacologia. SP, 2012



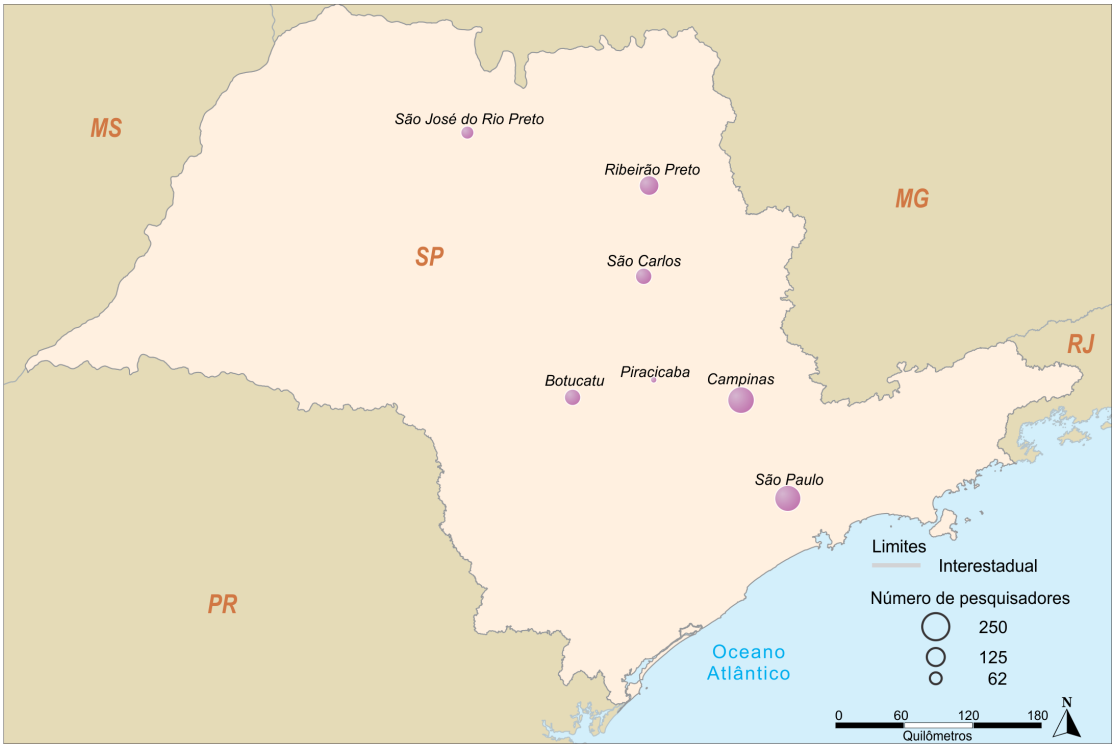
Fonte: GeoCapes, 2012. Elaboração própria. Edição: André de Freitas Gonçalves.

O Estado de São Paulo também concentra boa parte da pesquisa em genética do país: 44% dos 2.123 pesquisadores em programas em genética no Brasil estão em São Paulo[53]. Dos dezoito municípios com instituições com pós-graduação nessa área, seis são paulistas. Os destaques são Campinas (na Unicamp) e São Paulo (USP), com 11% do total de pesquisadores do país cada uma, além de Ribeirão Preto (campus local da USP), Botucatu (Unesp) e São Carlos (UFSCar) (Mapa 6).

Todos esses municípios são importantes polos de C&T do estado e abrigam campi de importantes instituições de pesquisa do país. Outra referência na área foi o Projeto Genoma Humano, financiado pela FAPESP, que será discutido no Capítulo 5.

[53] Os pesquisadores em programas de pós-graduação em genética de outros estados estão principalmente em Minas Gerais e Rio Grande do Sul (cerca de 12% cada um) e no Pará (8%), especialmente nas capitais.

Mapa 6: Matriculados na pós-graduação. Genética. São Paulo, 2012



Fonte: GeoCapes, 2012. Elaboração própria. Edição: André de Freitas Gonçalves.

Por fim, imunologia e microbiologia são áreas de conhecimento importantes para as atividades biotecnológicas, porém mais específicas e compostas por um número menor de programas se comparadas a outras grandes áreas aqui apresentadas. São 790 pesquisadores em programas de pós-graduação no Estado de São Paulo, sendo que a capital concentra 65% deles, na USP e na Unifesp. As outras cidades no território paulista com programas nas áreas são Ribeirão Preto (USP) e São José do Rio Preto (Unesp). Em outros estados, as cidades de Rio de Janeiro, Belém e Belo Horizonte são polos com número razoável de pesquisadores nessas áreas de conhecimento.

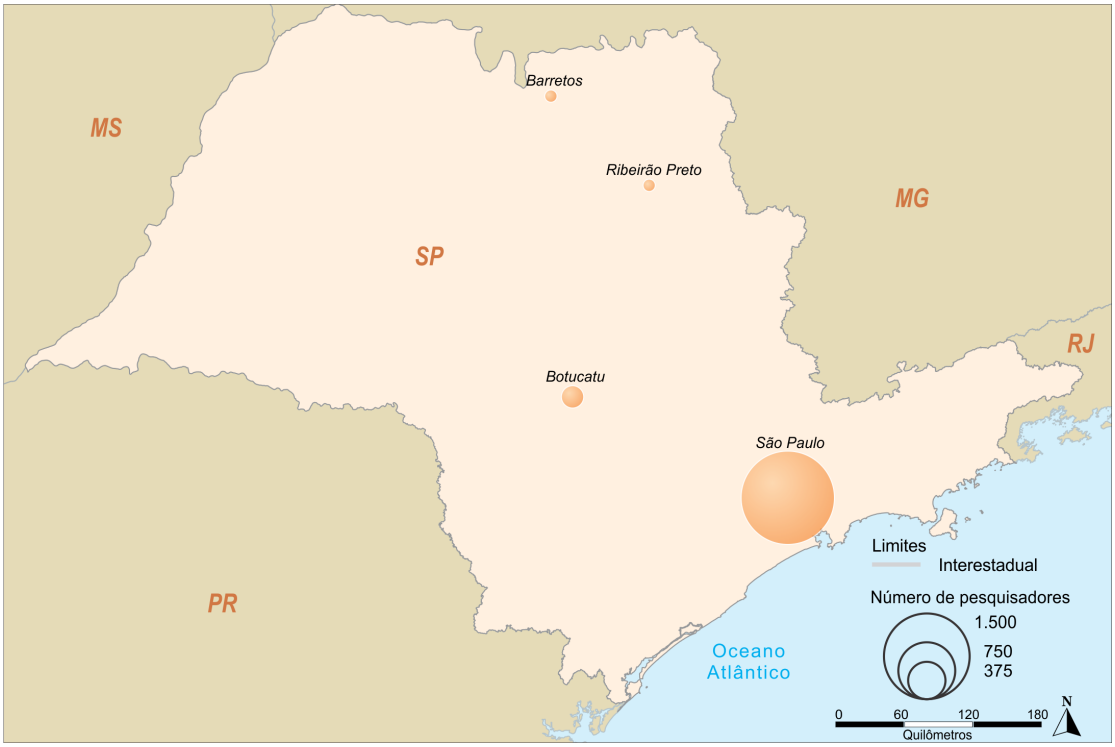
4.1.6) Ciências da Saúde: Medicina e Alimentos

Nas áreas das ciências da saúde, organizamos as informações conforme classificação da Capes, que separa as diferentes especialidades da Medicina em I, II e III. Aqui vamos abordar áreas selecionadas relacionadas à biotecnologia das duas primeiras.

O grupo Medicina I, que na seleção aqui realizada abarca apenas Cardiologia, Cancerologia, Dermatologia e Nefrologia[54], soma 905 pesquisadores no Estado de São Paulo, que representam 69% do total do Brasil. Isso, mais uma vez, exemplifica a concentração da produção científica na área da Saúde Humana, ainda mais porque quase todos esses pesquisadores estão no município de São Paulo, na USP e na Unifesp.

Já Medicina II, conjunto de espectro mais amplo (com Alergologia e Imunologia Clínica; Anatomia Patológica e Patologia Clínica; Doenças Infecciosas e Parasitárias; Hematologia; Reumatologia), soma 1.131 pesquisadores, 28% do país. Novamente, a centralidade do município de São Paulo para a pesquisa é significativa, já que 80% deles estão na capital (na USP e na Unifesp) e o restante em Ribeirão Preto (na USP local) e em Botucatu (na Unesp).

Mapa 7: Matriculados na pós-graduação. Medicina I e Medicina II. São Paulo, 2012



Fonte: GeoCapes, 2012. Elaboração própria. Edição: André de Freitas Gonçalves.

Por fim, vale lembrar que o polo de ciência, tecnologia e engenharia de alimentos é a Unicamp, em Campinas, onde estão metade dos pesquisadores do estado de São Paulo na área (ou 12% do total do país).

[54] Ver classificação completa da Capes para as outras áreas de conhecimento que compõem as chamadas "áreas de descrição" utilizadas pela instituição (CAPES, 2012).

4.1.7) Biotecnologia como área de conhecimento e engenharia biomédica

A biotecnologia como área de conhecimento na estrutura de classificação da pós-graduação brasileira ainda é um fenômeno novo. A área foi formada em 2008 com programas que migraram de outras áreas de conhecimento. No Brasil, são 2.203 mestrandos e doutorandos trabalhando com 1.221 docentes em programas de biotecnologia. A principal concentração de pesquisadores está no Estado de São Paulo, com 25% deles, sendo 15% do total do Brasil em programas da Universidade de São Paulo e da Universidade Federal de São Carlos (Mapa 8 e Tabela 3).

Mapa 8: Matriculados na pós-graduação. Biotecnologia

Fonte: GeoCapes, 2012. Elaboração própria. Edição: André de Freitas Gonçalves.

Tabela 3: Pesquisadores em programas de pós-graduação: Biotecnologia. SP, 2012

Município	Instituição	Status	Matriculados	Docentes
SÃO CARLOS	UFSCAR	Federal	128	72
SÃO PAULO	USP	Estadual	169	143
LORENA	USP/EEL	Estadual	63	16
ARARAQUARA	UNESP/ARAR	Estadual	72	20
BOTUCATU	UNESP/BOT	Estadual	31	24
MOGI DAS CRUZES	UMC	Privada	27	18
RIBEIRÃO PRETO	UNAERP	Privada	57	11
SÃO PAULO	UNIBAN	Privada	5	14
Total			**552**	**318**

Fonte: GeoCapes, 2012. Elaboração própria.

Apesar de importantes, por permitirem mensurar parte da pesquisa sobre biotecnologia no Brasil[55], as informações sobre esta área não podem ser tomadas como referência da produção científica total em biotecnologia no país. São programas criados recentemente que não representam o conjunto da pesquisa em biotecnologia no país, que é realizada nas chamadas áreas relacionadas aqui apresentadas. Um exemplo é o Estado de Minas Gerais, um dos pilares da biotecnologia no país tanto em número de empresas como em produção científica em diversas áreas correlatas, e que aparece com apenas três pequenos programas de pós-graduação. As informações desta análise devem ser utilizadas, portanto, em conjunto e com cautela.

A engenharia biomédica também é uma área essencial para a biotecnologia, porém recente e ainda restrita. São apenas 697 mestres, doutores e docentes fazendo pesquisa no Brasil, sendo 67% deles no Estado do São Paulo em oito programas: seis em instituições de ensino superior privadas, um na UFABC e um na USP de São Carlos. Na capital estão concentrados 26% do total do Brasil, seguida por São José dos Campos (15%) e São Carlos (13%). Trata-se de uma área com potencial de crescimento e com um número alto de docentes (147) proporcionalmente ao de pós-graduandos (321) no Estado de São Paulo.

Por fim, cabe destacar no quadro a seguir algumas das principais instituições voltadas a pesquisa em biotecnologia que aparecem nas diversas áreas de conhecimento relacionadas à biotecnologia apresentadas anteriormente.

[55] Além de São Paulo, há concentrações de pesquisadores no Ceará, mais especificamente na capital, Fortaleza, no Rio de Janeiro, na Bahia e no Amazonas.

Quadro 2: Principais instituições e laboratórios de pesquisa em atividades relacionadas à biotecnologia em São Paulo

Principais instituições e laboratórios de pesquisa em atividades relacionadas a biotecnologia em São Paulo		
Nome	**Localização**	**Descrição**
A.C.Camargo Cancer Center	São Paulo - SP	Atua em prevenção, tratamento, ensino e pesquisa sobre câncer humano. O Centro Internacional de Pesquisa (CIPE) possui uma área de 4 mil m² com dois laboratórios e cerca de cem pesquisadores. Integra assistência, ensino e pesquisa e estimula o intercâmbio entre médicos e cientistas. Possui grupos de pesquisas em áreas como Biologia Celular, Biologia Computacional, Biologia Molecular e Genômica.
Centro de Biologia Molecular e Engenharia Genética (CBMEG-Unicamp)	Campinas - SP	Atua em pesquisas em genética animal, vegetal, humana e de microorganismos, além de projetos em genômica estrutural, funcional e comparativa. Desenvolve pesquisa básica e aplicada, atividades ligadas à educação e à transferência de tecnologia.
Centro de Terapia Celular e Molecular (CTCMol-UNIFESP)	São Paulo - SP	Abriga o Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de VACINAS (INCTV) e laboratórios com linhas de pesquisa como Imunologia Molecular, Sinalização Celular, Terapia Gênica e Engenharia Tecidual e Biofabricação.
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa)	Unidades em diversas cidades	Empresa pública presente na maior parte dos estados brasileiros, é líder na biotecnologia e na nanotecnologia voltadas à agricultura e também atua na incubação de agronegócios. Possui centros de clonagem, biologia molecular, cultura de tecidos, biorremediação, engenharia genética, nanopartícula e organismos geneticamente modificados.
Escola Superior de Agricultura "Luiz Queiroz" (ESALQ-USP)	Piracibaca - SP	Instituto da USP, com cursos de graduação e pós-graduação em diversas áreas, dentre as quais Ciências Biológicas, Ciências dos Alimentos, Engenharia Agronômica etc. Possui 6 Núcleos de Apoio à Pesquisa, além de desenvolver pesquisa básica em biotecnologia agrícola e áreas afins.
Instituto Adolfo Luz	São Paulo - SP	Atua na promoção da saúde pública no Estado de São Paulo e lidera as ações de vigilância sanitária, epidemiológica e ambiental. Desenvolvendo pesquisas multidisciplinares nas áreas de ciências biomédicas, bromatológicas e químicas.
Instituto Agronômico de Campinas	Campinas - SP	Instituto da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de SP, atua na oferta de alimentos à população e matéria-prima à indústria. Possui centros de pesquisa, dentre os quais se destacam o do café, o da cana e o de recursos genéticos vegetais.
Instituto Biológico	São Paulo - SP	Vinculado à Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de SP, tem como objetivo oferecer soluções para o agronegócio. Possui programas de P&D em sanidade animal, sanidade vegetal, segurança alimentar, pragas urbanas, campanhas sanitárias nacionais. Produz antígenos e presta serviços, como exames em diferentes áreas.
Instituto Butantan	São Paulo - SP	Instituição pública estadual criada em 1914, é um dos maiores centros de pesquisa biomédica do mundo, responsável por cerca de 90% do total de soros e vacinas produzidos no Brasil. Desenvolve estudos na área de biologia e de biomedicina relacionados à saúde pública, além de produtos como anatoxinas e hemoderivados.
Instituto de Ciências Biomoleculares da USP (ICB-USP)	São Paulo - SP	Atua no ensino de graduação, pós-graduação, com programas de mestrado e doutorado em biotecnologia, desenvolvidos em parceria com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e o Instituto Butantan. É formado por 7 departamentos: anatomia, biologia celular e do desenvolvimento, farmacologia, fisiologia e biofísica, imunologia, microbiologia e parasitologia.
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN)	São Paulo - SP	Autarquia do Governo do Estado de São Paulo, desenvolve atividades principalmente no setor nuclear. Em biotecnologia, possui centro voltado para a área de saúde com foco em biofármacos derivados de toxinas animais e em hormônios hipofisários. Possui um biotério para a criação e a manutenção de animais de laboratório.
Instituto do Câncer do Estado de São Paulo (ICESP)	São Paulo - SP	Criado em 2008 por parceria entre o Governo do Estado de São Paulo e a Fundação Faculdade de Medicina, o ICESP atua no tratamento de pessoas com câncer, além de ter pesquisas em áreas como oncologia molecular e medicina regenerativa aplicada à oncologia. Desenvolve pesquisa clínica e estudos clínicos.
Laboratório Central de Tecnologias de Alto Desempenho em Ciências da Vida (LaCTAD-Unicamp)	Campinas - SP	Iniciativa da UNICAMP apoiada pela FAPESP, foi inaugurada em 2013. É uma unidade multiusuários que oferece à comunidade científica brasileira serviços e tecnologias avançadas utilizando equipamentos de alto custo para pesquisas em áreas como Biologia Celular, Genômica, Proteômica e Bioinformática.
Laboratório Nacional de Biociências (LNBIO)	Campinas - SP	Criado em 2009, atua em P&D em biotecnologia, com foco em biologia estrutural, molecular, celular, proteômica, genômica e síntese química. Oferece à comunidade acadêmica instalações de pesquisa, além de desenvolver programas de investigação científica próprios. Dentre seus laboratórios, destacam-se o de análise de micro-arranjos de DNA, o de bioinformática e o de modificação do genoma.
Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE)	Campinas - SP	Criado em 2010, é voltado para P&D em etanol de cana-de-açúcar. Contribui na produção de bioetanol com pesquisas científicas e tecnológicas. Oferece à comunidade acadêmica suas instalações e possui laboratório de biotecnologia para hidrólise e fermentação alcoólica, de protótipos agrícolas, e outros estão em fase de implementação, como os laboratórios de fisiologia e de bioquímica.
Núcleo de Bioensaios, Biossíntese e Ecofisiologia de Produtos Naturais (NuBBE-Unesp)	Araraquara - SP	Composto por docentes e pós-gradandos do programa de Química do Instituto de Química da UNESP. Realiza estudos de bioprospecção sobre novas moléculas naturais com potencial antifúngico, antitumoral, antioxidante, anticolinesterásico, anti-inflamatório e antiparasitário. Possui projetos de inovação em parcerias com empresas nacionais das áreas farmacêutica e cosmética.

Fontes: sites das instituições. Elaboração própria.

4.1.8) Pesquisa em na pós-graduação e empresas: semelhanças locacionais?

A análise acima mostrou a participação expressiva do Estado de São Paulo na capacidade de conduzir pesquisa científica em áreas relacionadas à biotecnologia. Ou seja, uma das esferas está sedimentada no território paulista, onde estão também 48% das empresas com atividades biotecnológicas do país, como mostramos no Capítulo 3. Não é possível afirmar categoricamente que há uma relação de causa e efeito entre a presença de pesquisa científica e a existência de empresas, pois há sempre outros fatores locacionais a influenciar a distribuição territorial das empresas. Mas podemos afirmar que há uma correlação entre essas duas variáveis a partir de alguns testes.

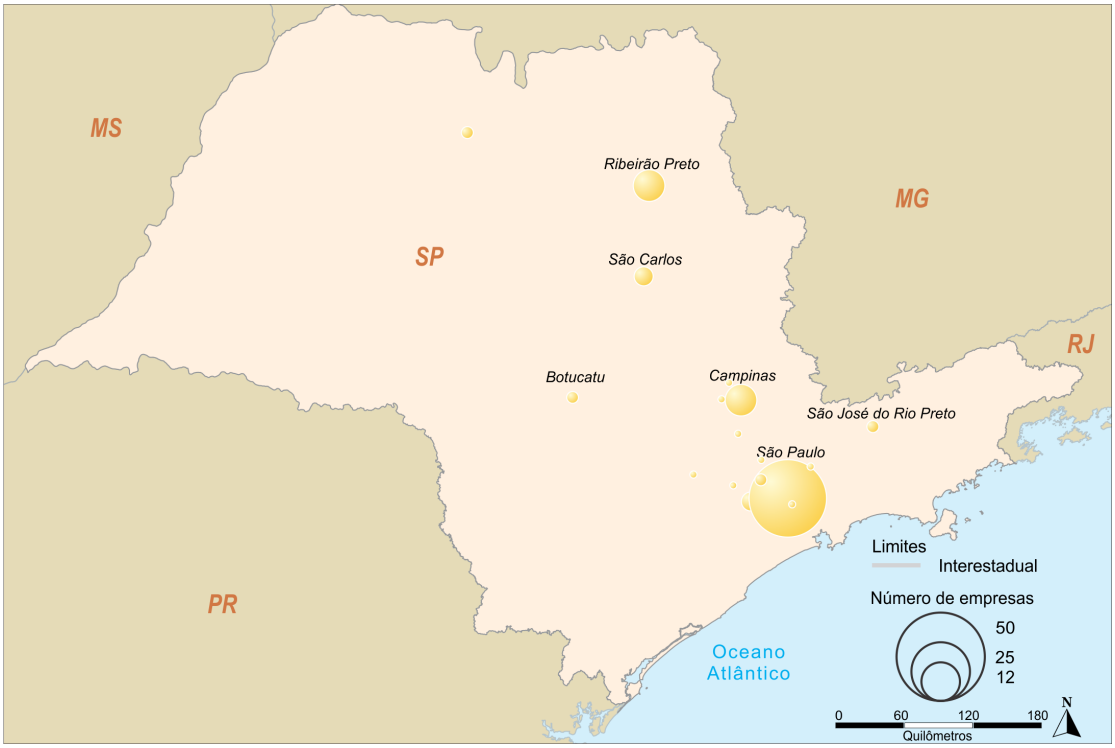
Primeiramente é possível afirmar que, de forma geral, o volume de empresas com atividades biotecnológicas por município tem variação relacionada com o número de pesquisadores nas áreas de conhecimento relacionadas à biotecnologia nos respectivos municípios. Quando consideramos os 52 municípios do Estado de São Paulo onde estão localizados as 152 empresas com atividades biotecnológicas e os 13.415 pesquisadores (mestrandos, doutorandos e docentes) nas áreas relacionadas à biotecnologia, observamos uma forte correlação positiva entre essas duas variáveis. O coeficiente de correlação linear "r" entre as duas variáveis é de 0,951.

No segundo teste, consideramos as empresas das áreas de saúde humana e insumos no Estado de São Paulo (82 no total) e os pesquisadores das áreas de conhecimento de ciências biológicas, da saúde, biotecnologia e engenharia biomédica (9.343 no total). Nesse caso, são 27 municípios em questão. Novamente o volume de empresas tem variação relacionada com o número de pesquisadores. O coeficiente de correlação linear "r" é 0,982, o que mostra uma forte correlação positiva entre as duas variáveis.

Vimos nas seções anteriores deste capítulo que há um volume de pesquisadores em áreas de conhecimento mais articuladas à saúde humana e à produção de insumos em São Paulo, Campinas, Ribeirão Preto e Botucatu. Ao observarmos as 82 empresas que atuam principalmente em saúde humana e insumos, quarenta estão no município de São Paulo e mais nove nas outras cidades que compõem a Região Metropolitana de São Paulo; nove em Campinas (e mais duas em municípios dessa região metropolitana); nove em Ribeirão Preto e mais duas em Botucatu (Mapa 9). Ou seja, 71 empresas com atividades biotecnológicas em saúde humana e insumos (87%) estão localizadas nos polos de produção de pesquisa de

ciências biológicas e da saúde. As empresas "outliers" nesse caso, que, na verdade, não são nada fora do padrão, estão principalmente em São Carlos (município com programas de pós-graduação em engenharia biomédica e genética) e São José dos Campos (principal polo de pesquisa em engenharia biomédica do estado).

Mapa 9: Empresas nas áreas de saúde humana e insumos. São Paulo, 2012



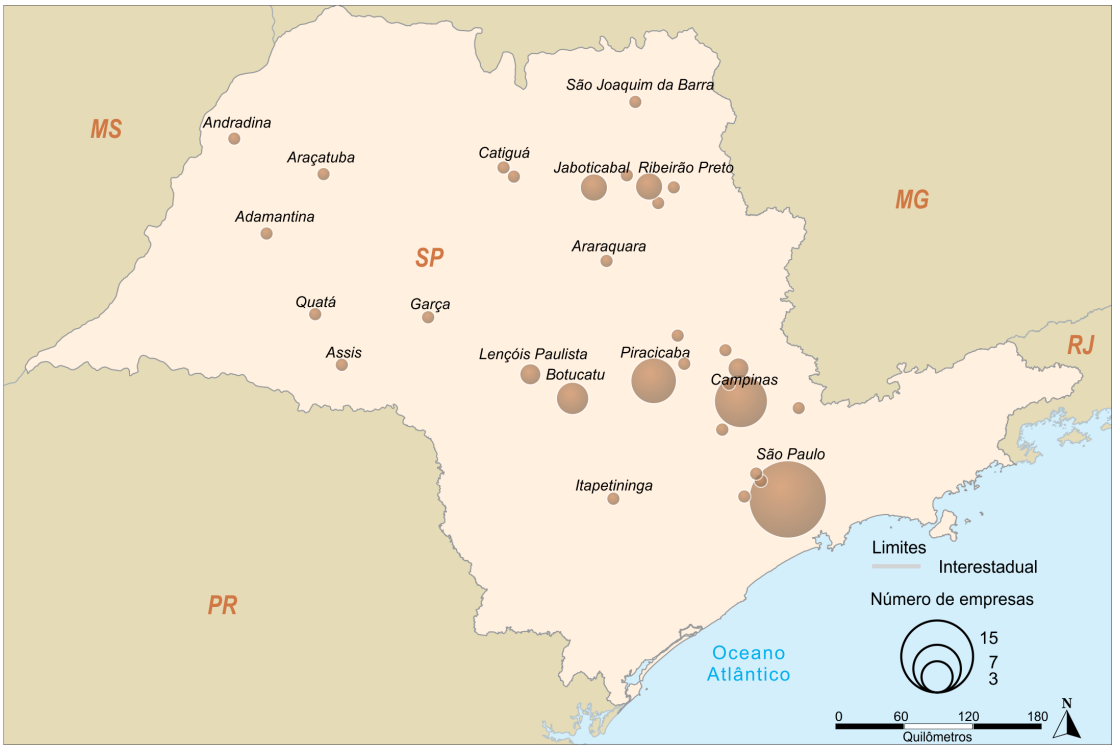
Fontes: Pesquisa própria (2013) e Cebrap (2011). 82 empresas com informação.

Elaboração própria. Edição: André de Freitas Gonçalves.

O terceiro teste trabalha com as variáveis de pesquisador somente na área de Ciências Agrárias (que incluem Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia) e com as empresas nas áreas de Agricultura, Bioenergia, Ambiente e Saúde Humana. Nesse caso, o volume de empresas também tem variação relacionada ao número de pesquisadores, porém há correlação positiva média entre as duas variáveis (r = 0,494).

No que se refere à agronomia, por exemplo, os polos de pesquisa científica são Piracicaba, Jaboticabal, Botucatu e Campinas. É justamente nesses municípios que estão localizadas algumas das empresas com atividades biotecnológicas que atuam nas áreas de agricultura, bioenergia e meio ambiente, as três relacionadas ao campo de conhecimento da agronomia. Das cinquenta empresas com atividades biotecnológicas nessas áreas no Estado de São Paulo, sete estão em Piracicaba, oito em Campinas, quatro na região de Jaboticabal e Ribeirão Preto e duas em Botucatu (Mapa 10).

Mapa 10: Empresas nas áreas de agricultura, saúde animal, meio ambiente e bioenergia. São Paulo, 2012



Fontes: Pesquisa própria (2013) e Cebrap (2011). 70 empresas com informação.

Elaboração própria. Edição: André de Freitas Gonçalves.

Situação similar ocorre em relação ao setor privado de biotecnologia mais próximo da medicina veterinária: das vinte empresas do Estado de São Paulo que atuam na área de saúde animal, seis estão localizadas na região de Ribeirão Preto, Jaboticabal e Cravinhos e outras cinco na capital (Mapa 10) – os dois polos que concentram a pesquisa em medicina veterinária do estado.

Ator importante nessa articulação entre as esferas do mercado e da ciência, pela relação das empresas com pesquisadores das áreas de conhecimento dos programas de pós-graduação e dos grupos de pesquisa, são as incubadoras, como destacado no Capítulo 3. Aqui, é importante lembrar sua presença nos principais municípios paulistas: a Incamp, ligada à Unicamp; a Supera (especialmente em saúde humana), em parceria com a USP de Ribeirão Preto; e a Prospecta (principalmente em saúde animal), com a Unesp em Botucatu.

A análise mostra, portanto, que podemos encontrar correlação entre a localização da capacidade de produção científica em certas áreas de conhecimento relacionadas à biotecnologia e a localização das empresas com atividades biotecnológicas no Estado de São Paulo.

4.2) Interação universidade-empresa: biotecnologia e grupos de pesquisa em São Paulo

Na seção anterior, apresentamos o potencial de produção científica do Brasil em áreas relacionadas à biotecnologia, destacando o peso de universidades e institutos públicos e a relação entre produção de conhecimento e localização das empresas. Uma forma de complementar essa análise é buscando outros tipos de interação entre atores das esferas mercado e ciência, entre as empresas e a academia – questão central na dinâmica da biotecnologia.

Na literatura sobre economia e tecnologia, é comum a ideia de que o sistema nacional de inovação brasileiro se encontra em posição intermediária se comparado ao de outros países. Suzigan, Albuquerque e Cario (2011), por exemplo, mencionam que há boa infraestrutura de ciência e tecnologia no Brasil, mas baixa mobilização de pesquisadores e cientistas em projetos estratégicos (como ocorre em países desenvolvidos e com sistemas nacionais de inovação consolidados), restrito esforço inovativo das empresas e limitada interação universidade-empresa[56].

Para esses autores, que organizaram um extenso trabalho sobre interação universidade-empresa no Brasil utilizando o diretório de grupos de pesquisa do CNPq, há um potencial grande, mas ainda a ser explorado, no que se refere aos padrões de interação entre ciência e tecnologia no Brasil. A obra explicita que as universidades brasileiras desempenham bem suas funções de ensino (formação de recursos humanos) e pesquisa. Mas mostra também que o relacionamento de universidades e institutos de pesquisa com outras organizações, aí incluídas as empresas, varia muito: a interação com outros atores é dispersa e localizada em alguns pontos do território brasileiro (RAPINI, 2007). Ou seja, em muitos casos não existe parceria nenhuma, mas em algumas instituições há parcerias importantes e bem-sucedidas que vão além de consultorias pontuais e abrangem cooperação de fato ou mesmo substituição de

[56] Os autores trabalham com a hipótese das raízes históricas como fundamento para o padrão de interação universidade-empresa limitado no Brasil, ou seja, que seria o caráter tardio de criação de universidades e da industrialização um fator determinante para essa limitação do Sistema Nacional de Inovação, que depende de um longo processo histórico para se consolidar. Não iremos aprofundar tal discussão na tese, mas, a despeito da importância da construção de longa duração, seria possível argumentar que outros países também "chegaram tarde" nos processos de industrialização e de construção do sistema de ciência e tecnologia, como foi o caso de Coreia do Sul, China e Índia, e lograram um alto padrão de interação nos últimos anos.

atividades de P&D das empresas para novos produtos e processos (SUZIGAN, ALBUQUERQUE e CARIO, 2011).

A consolidação das interações universidade-empresa depende de alguns fatores construídos em processos históricos de longa duração bem destacados por Suzigan, Albuquerque e Cario (2011): "1) preparação dos arranjos monetário-financeiros que viabilizam a criação e o funcionamento de universidades/instituições de pesquisa e firmas; 2) a construção das instituições relevantes (universidades, institutos de pesquisa, empresas e seus laboratórios de P&D); 3) construção de mecanismos de interação entre essas duas dimensões (problemas, desafios etc. que impulsionam pelo menos um dos lados a procurar o outro e tentar estabelecer um diálogo); 4) o desenvolvimento da interação entre as duas dimensões (há um processo de aprendizado, de tentativas e erros etc.); 5) consolidação e desenvolvimento dessas interações, tópico que envolve um explícito reconhecimento do papel do tempo para a construção de relações mutuamente reforçantes (feedbacks positivos) entre institutos de pesquisa/universidades e empresas" (SUZIGAN, ALBUQUERQUE e CARIO, 2011: 24).

A partir desses fatores é possível estruturar a análise do fenômeno da interação universidade-empresa e localizar algumas questões destacadas por outros autores que podem nos ajudar a pensar o caso da biotecnologia em São Paulo.

Castro (2011), por exemplo, discute as mudanças no que se refere ao papel das universidades com as novas políticas de ciência e tecnologia que incorporam a noção de inovação (e consequentemente as preocupações do setor privado) e como as "configurações institucionais das universidades liberam ou entravam seu potencial para responder a essas políticas" (CASTRO, 2011: 556). Lembra que, no caso europeu, apesar das diferenças nacionais, de certa forma a resposta a partir dos anos 1990 foi um "processo de reforma induzido pela reestruturação do financiamento público das universidades" em que "o governo passou a negociar resultados e a calibrar o financiamento por auditorias e avaliações focadas na gestão da qualidade" (CASTRO, 2011: 556). Tal processo envolve, entre outros elementos, uma profissionalização da gestão universitária, que muitas vezes esbarra no *modus operandi* tradicional do mundo acadêmico – e aqui, podemos dizer, não só na Europa como no Brasil.

Tais reformas, que ocorreram em diferentes países, tendem a estimular mudanças como: maior absorção de pesquisadores titulados pelas empresas, mais

compartilhamento de infraestrutura pública de pesquisa com o setor privado, maior número de cooperações para desenvolvimento de produto e aumento na criação de empresas *spin-offs* da academia, de incubadoras e de parques tecnológicos (CASTRO, 2011: 562).

A China é um exemplo interessante nessa direção. Com as reformas econômicas a partir de 1978, o governo chinês transforma seu sistema de P&D, de um formato centralizado, em algo mais orientado para o mercado. Há aumento substancial do gasto público em P&D e incentivos diretos ao desenvolvimento de tecnologias locais. Há uma combinação de atração de investimento e tecnologia estrangeiros com o desenvolvimento local, mediante zonas especiais de desenvolvimento tecnológico e formação de recursos humanos em ciência e tecnologia (KIM e MAH, 2009).

Em 1985, a reforma no sistema de C&T chinês tinha como principal objetivo superar a cisão entre CT&I e atividades industriais. Em 1980, eram cerca de 5 mil institutos de pesquisa públicos, os quais empregavam cerca de 300 mil pesquisadores. Com a reforma, o primeiro movimento foi alterar a forma de financiamento desses pesquisadores, que foram empurrados a trabalhar mais próximos de empresas, e também induziu os institutos de pesquisa públicos a criar seus próprios negócios. Posteriormente, o governo começa a criar mais incentivos para que as pesquisas estejam mais próximas da indústria. É em 1995 que ciência e tecnologia ganham papel de fato central na estratégia de desenvolvimento chinesa, com incentivos fiscais, criação de parques científicos e tecnológicos e financiamento para P&D. Em 1999, medidas ainda mais concretas são tomadas, ratificando o desenvolvimento da capacidade de P&D e de inovação como política de Estado.

Nesse sentido, há um aumento expressivo nos aportes para os fundos de Inovação e de Promoção da Ciência e Tecnologia, que passam de 6,3 bilhões de yuan em 1978 para 124,4 bilhões de yuan em 2004. Consequentemente, os gastos com atividades de P&D passam de 15,1 bi de yuan em 1991 para 196,6 bi em 2004 (KIM e MAH, 2009, 271). Instituições públicas de pesquisa financiadas por dispêndios em P&D constituíram desde o inicio a base do sistema nacional de inovação chinês (HU e MATHEWS, 2008). Os exemplos de empresas *spin-offs* de universidade são inúmeros, especialmente nos *clusters* de Tecnologia da Informação em Beijing e Shanghai. Empresas afiliadas a institutos de pesquisa, como Lenovo, Founder e Stone Group, são mais conhecidas. Outras surgiram nos anos 2000 e já são líderes, como a Huawei Tecnology (produtora de equipamentos de telecomunicações) e a

Semicondutor Manufacturing International Corporation (quarta maior no ramo no mundo) (HU e MATHEWS, 2008).

Se o exemplo chinês nos mostra a orientação do Estado para a reforma de C&T, Balbachevsky aponta para a importância de observar também pela ótica da comunidade científica. Ou seja, o que move o cientista para uma parceria além do isolamento da "cultura acadêmica tradicional"? A partir da observação de casos da situação da C&T em países da América Latina, a autora destaca dois motivos: "a escassez de recursos materiais e a percepção de uma responsabilidade social da ciência perante a sociedade" (BALBACHEVSKY, 2011: 509). A interação aparece, portanto, como uma possibilidade de obter "recursos para a infraestrutura de pesquisa e para a manutenção de equipes complexas de pesquisa" (BALBACHEVSKY, 2011: 510).

Essa complexidade passa também por outro elemento que aparece na discussão sobre a interação universidade-empresa: a necessidade de mudança, em alguns casos, do padrão disciplinar de organização acadêmica. O objetivo é dar conta justamente de novas demandas que surgem de fora da comunidade científica (busca por medicamentos para determinadas doenças cuja pesquisa envolve diferentes áreas e atores, por exemplo) e de novos caminhos que surgem dentro da própria academia (como a necessária interdisciplinaridade da biotecnologia).

Por fim, é interessante ressaltar que, apesar de a interação universidade-empresa aparecer na literatura como algo cada vez mais importante para o desenvolvimento de inovações e ganhar força em políticas de inovação em diversos países nos últimos anos, não se trata de algo propriamente novo.

No Brasil, por exemplo, se a indústria do começo do século XX não era o setor que puxava as inovações no país, a agricultura acabou por cumprir o papel de unir o conhecimento científico à produção. A demanda dos produtores de café e de algodão na virada do século XIX para o XX levou à criação de importantes instituições de pesquisa com o objetivo de incrementar a produtividade dessas plantações no Estado de São Paulo, como o Instituto Biológico (que nasceu como Serviço de Defesa do Café, em 1924) e o Instituto Agronômico de Campinas, criado em 1887, mas que passa a desenvolver um programa de melhoria do cultivo do algodão em 1922[57]. O

[57] Institutos de pesquisa públicos no Brasil, especialmente em São Paulo, são tradicionais, mas alguns estão em situação difícil por falta de investimentos, como o IAC e o Biológico. Ver "Institutos de Pesquisa de SP perdem metade de seus funcionários e sofrem para manter vivo seu patrimônio

objetivo do programa "era produzir um algodão de fibra mais longa, com melhores preços e maior demanda no mercado internacional" (SUZIGAN, ALBUQUERQUE e CARIO, 2011: 35). O IAC realizava a seleção e distribuição das sementes diretamente aos produtores, e a Bolsa de Mercadorias de São Paulo ficou responsável por enviar técnicos ao exterior para treinamento, além de auxiliar na inserção do algodão brasileiro no mercado externo (SUZIGAN, ALBUQUERQUE e CARIO, 2011: 35). O resultado das pesquisas beneficiou diretamente também a indústria têxtil concentrada no Estado de São Paulo[58].

Tendo essas questões como pano de fundo, vejamos a seguir como analisar as interações universidade-empresa no caso da biotecnologia em São Paulo.

4.2.1) Estratégia de análise a partir do diretório de grupos do CNPq

O diretório de grupos do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) é um banco de dados bastante útil para analisar a produção científica brasileira e as possibilidades de interação entre universidades e empresas. A base de informações vem ganhando peso nos últimos anos e os estudos que a utilizam têm aumentado.

Devemos tomar os devidos cuidados e fazer as ressalvas na utilização de um banco de dados construído mediante adesão voluntária – os líderes dos grupos são responsáveis pelas informações, declaradas via Plataforma Lattes. Por outro lado, a adesão ao preenchimento do questionário vem aumentando nos últimos anos, uma vez que a participação em editais públicos de apoio à pesquisa passou a exigir o cadastramento de pesquisadores. Com isso, vem melhorando a qualidade do banco de dados, e, de acordo com a literatura, já é possível considerar sua representatividade da comunidade científica nacional (RIGHI e RAPINI, 2011). O diretório de grupos do CNPq teve a primeira versão em 1993 e possui edições bianuais desde 2000.

No que se refere especificamente à biotecnologia, há alguns trabalhos que tentam desvendar a situação dos grupos de pesquisa no Brasil e apresentar o seu perfil, mas não há consenso acerca do que considerar como um grupo de

---

científico e intelectual". Disponível em <http://blogs.estadao.com.br/herton-escobar/institutos-de-pesquisa-sp/>.

[58] Outros exemplos similares são as pesquisas para o desenvolvimento de celulose de fibra longa do eucalipto nos anos 1930/1940 e novos cultivares de soja, milho e trigo, por exemplo, advindos de pesquisas da Embrapa já a partir de 1970.

biotecnologia (MENDONÇA e FREITAS, 2009; FONSECA, 2009; BIANCHI, 2011), assim como ocorre com as empresas, conforme discutido no Capítulo 2. Por esse motivo, as conclusões dos diferentes estudos são de difícil comparação.

Nesse sentido, o primeiro passo aqui é, mais uma vez, buscar uma organização clara e consistente das informações sobre os grupos de biotecnologia para depois encaminharmos a análise.

Na sua versão de 2010, o banco do CNPq contém 27.542 registros de grupos de pesquisa. Entre outras variáveis que serão descritas a seguir, o banco contém campos de informação importantes para a organização dos dados e a classificação do grupo como sendo de biotecnologia, tais como "grande área", "área de conhecimento" e "texto de repercussão".

A primeira tentativa de montar um banco de grupos de biotecnologia começou pela seleção das áreas de conhecimento, como foi feito para os dados sobre os programas de pós-graduação apresentados na Seção 4.1. Entretanto, percebemos que acabaríamos por contemplar muitos grupos que não trabalham realmente com biotecnologia. E, diferentemente da base da Capes, no banco de grupos do CNPq é possível refinar a seleção com outras técnicas, já que há informação sobre os trabalhos desenvolvidos pelos grupos. Uma dessas técnicas é o filtro buscando palavras-chave, já utilizada anteriormente, mas de forma distinta de como faremos aqui, por Mendonça e Freitas (2009) e Bianchi (2011).

Para a organização dos dados, decidimos, então, fazer filtros na base de grupos para a formação de três conjuntos: 1) grupos com a palavra "biotecnologia" no nome; 2) aqueles com "biotecnologia" no texto de repercussão; 3) aqueles que continham termos da lista de atividades biotecnológicas da OCDE no campo "texto de repercussão" (conforme lista apresentada no Capítulo 2).

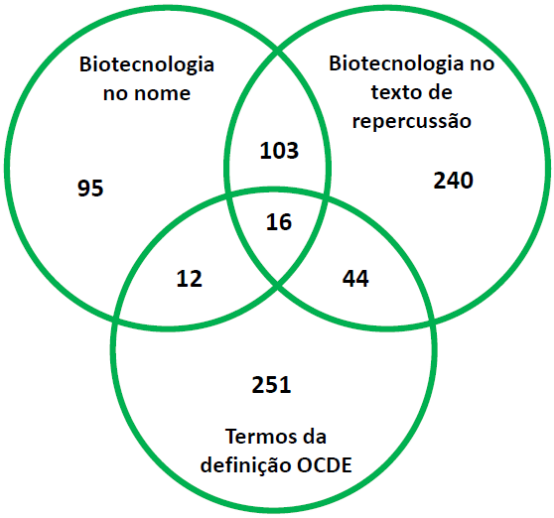
O primeiro filtro é simples e resultou em 226 grupos com a palavra biotecnologia no seu nome registrado no banco. A segunda busca também não tem muito segredo e nos permitiu encontrar 402 grupos em que a palavra biotecnologia aparece no campo de texto de repercussão, que, na verdade, é uma descrição do que faz o grupo, de suas atividades. É justamente essa descrição que permite a terceira busca, um pouco mais trabalhosa.

Essa terceira seleção foi realizada buscando os seguintes termos no texto de repercussão dos grupos: genômica, engenharia genética, sequenciamento genético, sequenciamento de DNA, amplificação de DNA, proteômica, receptor celular, cultura

de tecidos, engenharia de tecidos, vacina, imunomodulares, biorreator, biolixiviação, biorremediação, vetor viral, nanobiotecnologia (OCDE, 2006). Essa busca selecionou 323 grupos.

Uma vez compostos os três conjuntos, era necessário, então, unificá-los para subtrair as duplicações. Feito esse trabalho, chegamos a 761 grupos de pesquisa com atividades biotecnológicas, distribuídos nos conjuntos constantes da Figura 1. Desse total, foram excluídos 27 grupos com temas de pesquisa relacionados a biotecnologia nas áreas de humanas, já que não correspondem a aplicações de atividades biotecnológicas de fato. O conjunto utilizado nesta pesquisa é, portanto, de 734 grupos (2,7% do total).

Figura 3: Conjuntos de grupos de pesquisa em biotecnologia



Fonte: Elaboração própria.

As possibilidades de análise utilizando este banco de dados com grupos selecionados são diversas, mas tivemos limitações por causa do acesso incompleto ao banco de dados. Por isso, utilizaremos: o ano de formação do grupo, que permite a avaliação do crescimento pelo interesse em pesquisa em biotecnologia; e a instituição com o endereço onde está sediado, o que permite a distribuição territorial dos grupos para avaliar a localização da produção cientifica e estabelecer as relações com o setor privado. Outras variáveis do banco permitem avaliar atributos da capacidade produtiva dos grupos, observando o número de artigos publicados em periódicos de circulação nacional e internacional e produtos tecnológicos com ou sem registro ou

patente. Além dessas informações, analisaremos aquelas que permitem avaliar a interação entre universidades e empresas[59].

Tais informações, agora observando pelo lado dos grupos de pesquisa com atividades biotecnológicas, permitem complementar a análise sobre a interação entre empresas e universidades realizada no Capítulo 3 com a observação a partir das firmas.

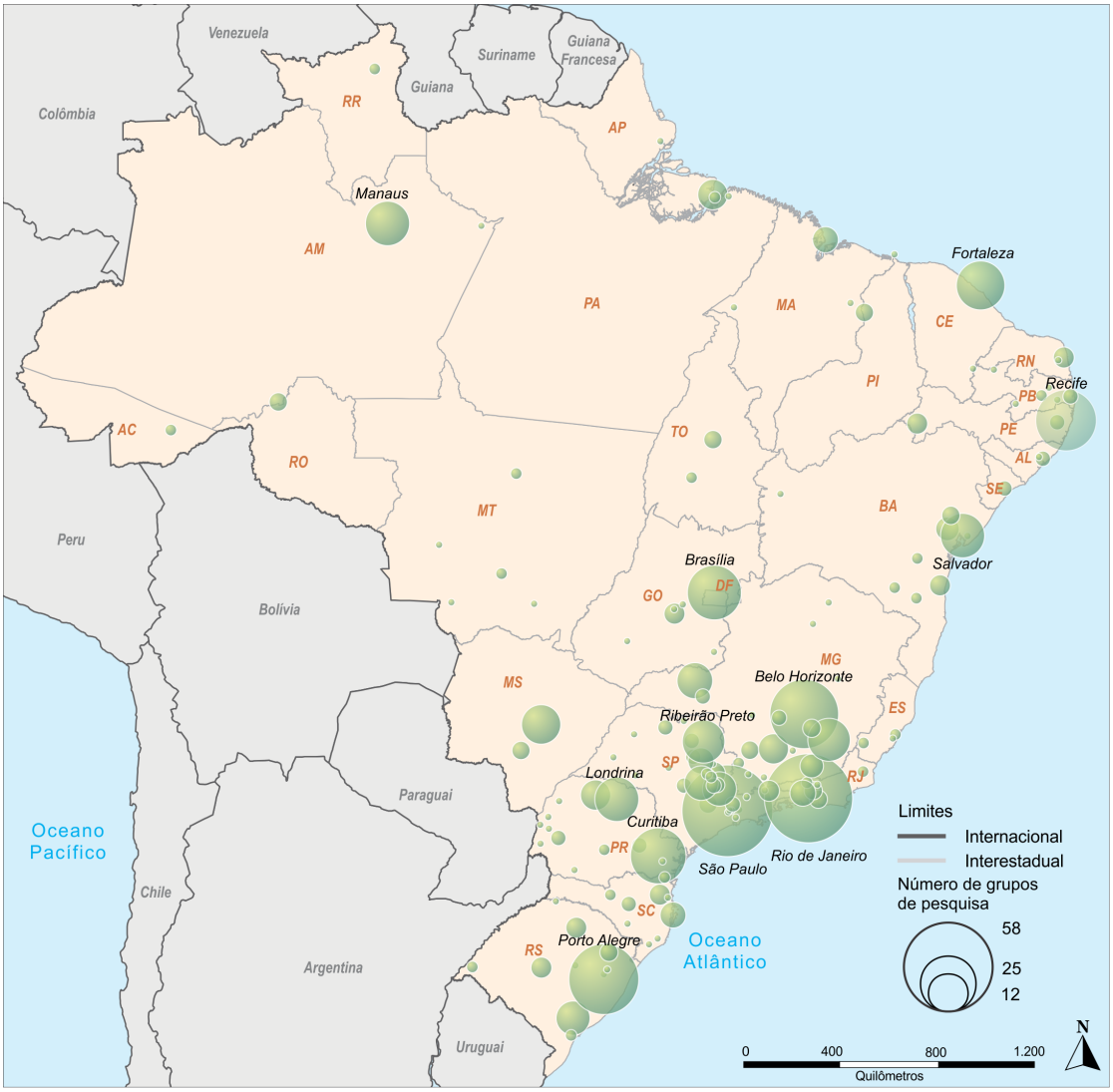
4.2.2) Interação universidade-empresa na biotecnologia a partir do diretório de grupos de pesquisa do CNPq

Um panorama geral desses 734 grupos de biotecnologia no Brasil mostra que a proporção deles não é alta (2,7% do total de grupos no Censo 2010), a maioria foi constituída recentemente (67% deles criados entre 2000 e 2010), há concentração em poucas cidades, com origem em poucas instituições, e pesquisa em poucas áreas.

Em termos de localização, quatro cidades concentram um quarto do total de grupos em biotecnologia no Brasil: São Paulo, Rio de Janeiro, Porto Alegre e Belo Horizonte. Dos 734 grupos, 156 estão em São Paulo e 578 nos outros estados (Mapa 11). Desses grupos em biotecnologia em São Paulo, 36% estão na USP e outros 40% na Unesp, no Instituto Butantan, na Unicamp, na UFScar e na Unifesp. Ou seja, três quartos estão em poucas instituições de alto nível.

[59] Não tivemos acesso aos dados completos quanto a relacionamento dos grupos de pesquisa com o setor produtivo. Por esse motivo, fizemos uma busca no site do diretório de grupos do CNPq para coletar tal informação apenas sobre os grupos de biotecnologia em São Paulo (http://dgp.cnpq.br). Isso permite dimensionar tal relacionamento, mas não permite fazer análises mais detalhadas, como previsto inicialmente.

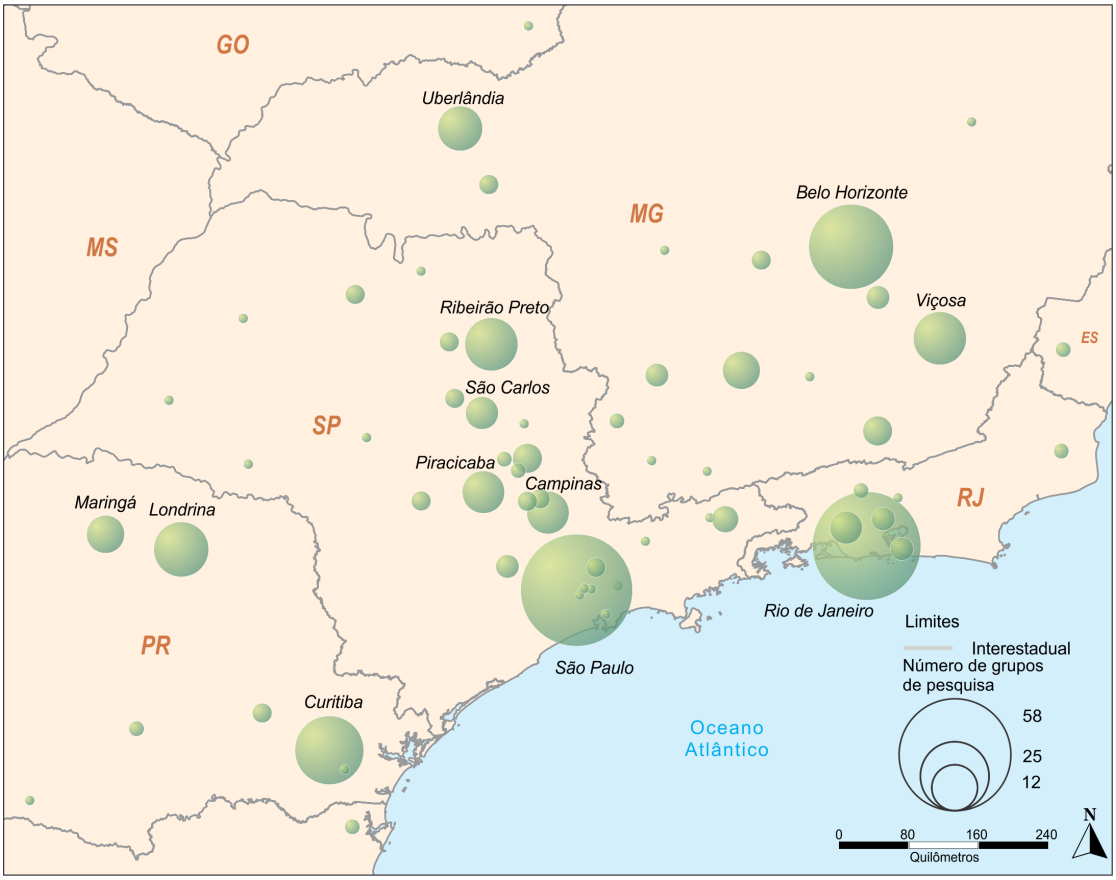
Mapa 11: Grupos de pesquisa em biotecnologia. Brasil, 2010.



Fonte: Diretório de grupos (CNPq). Elaboração própria. Edição: André de Freitas Gonçalves.

Se considerarmos os 6.359 grupos em São Paulo em todas as áreas, os de biotecnologia representam 2,5% do total paulista, o que não difere muito da participação total no país. Ou seja, não há uma representação maior em São Paulo do que em outros estados, como poderíamos esperar. E os municípios com mais grupos são a capital, Ribeirão Preto, Campinas, Piracicaba e São Carlos (Mapa 12).

Mapa 12: Grupos de pesquisa em biotecnologia. São Paulo, 2010.



Fonte: Diretório de grupos (CNPq). Elaboração própria. Edição: André de Freitas Gonçalves.

No que se refere às áreas de conhecimento, apenas cinco delas respondem por cerca de metade desses grupos (Tabela 4). Em São Paulo são Genética, Microbiologia, Bioquímica, Agronomia e Engenharia Química. Em outros estados a área de conhecimento Medicina Veterinária tem maior participação.

Tabela 4: Grupos de pesquisa em biotecnologia segundo área de conhecimento, São Paulo, outros estados e Brasil. 2010

	Número de grupos			% Grupos		
Área	**SP**	**Outros estados**	**Brasil**	**SP**	**Outros estados**	**Brasil**
Genética	20	71	91	12,8	12,3	12,4
Microbiologia	20	54	74	12,8	9,3	10,1
Bioquímica	16	59	75	10,3	10,2	10,2
Agronomia	15	71	86	9,6	12,3	11,7
Engenharia Química	14	17	31	9,0	2,9	4,2
Medicina	9	19	28	5,8	3,3	3,8
Imunologia	8	25	33	5,1	4,3	4,5
Medicina Veterinária	8	67	75	5,1	11,6	10,2
Farmácia	6	21	27	3,8	3,6	3,7
Biofísica	4	7	11	2,6	1,2	1,5
Botânica	4	19	23	2,6	3,3	3,1
Química	4	31	35	2,6	5,4	4,8
Zootecnia	4	10	14	2,6	1,7	1,9
Outras	24	107	131	15,4	18,5	17,8
Total	**156**	**578**	**734**	**100,0**	**100,0**	**100,0**

Fonte: Diretório de grupos (CNPq).

Outra característica que se destaca é a maior qualificação dos grupos trabalhando em biotecnologia em termos dos recursos humanos. É possível verificar uma presença maior de doutores entre os 734 grupos em biotecnologia no Brasil do que nos grupos das outras áreas: são 8,3 doutores por grupo no primeiro caso e 5,3 no segundo.

No que se refere à publicação de artigos, os grupos de biotecnologia também aparecem, em média, acima do conjunto total de grupos no Brasil. Nesse caso, há uma diferença interessante entre aqueles de São Paulo comparados aos de outros estados. No que tange a artigos em periódicos de circulação internacional por grupo, há maior número entre os grupos paulistas; já sobre artigos em periódicos de circulação nacional por grupo, o maior número é entre aqueles de outros estados.

É possível analisar também o desenvolvimento de produtos tecnológicos pelos grupos entre 2007 e 2010, o que é uma forma de mensurar sua capacidade de produção além dos artigos. Nesse quesito, os grupos de biotecnologia estão bastante acima do conjunto dos grupos de outras áreas. No que diz respeito a "produto tecnológico COM registro ou patente" entre os grupos de biotecnologia, a média é de 1,4 produto/grupo em São Paulo e 2 produtos/grupo nos outros estados, bem acima da

média de 0,3/grupo no conjunto das outras áreas no país, o que seria de esperar ao contarmos os grupos de humanas (Tabela 5).

Tabela 5: Atributos dos grupos de pesquisa em biotecnologia e de outras áreas ponderados pelo número de grupos em São Paulo, outros estados e Brasil (2007-2010)

Atributos dos grupos de pesquisa	Grupos em Biotecnologia			Grupos de outras áreas BR
	São Paulo	Outros estados	Total Biotec BR	
Pesquisador (Doutorado)	8,2	8,3	8,3	5,3
Pesquisador (Mestrado)	0,6	0,9	0,9	1,6
Artigos periódicos circulação nacional	31,4	40,2	38,3	26,6
Artigos periódicos circulação internacional	77,6	66,5	68,9	22,6
Produto tecnológico COM registro ou patente	1,4	2,0	1,9	0,3
Produto tecnológico SEM registro ou patente	0,9	0,9	0,9	0,4

Fonte: Diretório de grupos (CNPq).

Entretanto, mesmo que desagreguemos por área de conhecimento específico, aquelas que mais se aproximam da mais alta média de produto por grupo verificada em biotecnologia em São Paulo são Engenharia de Materiais e Metalúrgica (1,5) e Engenharia Naval e Oceânica (1,0), além de Agronomia (1,3) e Biofísica (1,0), essas duas últimas áreas relacionadas à biotecnologia. No Brasil, áreas que se aproximam da média da biotecnologia são Engenharia Biomédica (1,3), Farmácia (1) e Biofísica (0,9), que são também relacionadas à biotecnologia, e Engenharia de Materiais e Metalúrgica (1,1).

Em relação a "produto tecnológico SEM registro ou patente", outras áreas se aproximam da média de biotecnologia, como Zootecnia (1,3), Engenharia Biomédica (0,9), Engenharia de Materiais e Metalúrgica (0,7), Desenho Industrial (0,7), Engenharia Mecânica (0,7) e Engenharia Elétrica (0,7).

Vale lembrar que esse potencial de produção tecnológica é concentrado numa parcela minoritária dos grupos, tanto de biotecnologia como naqueles de outras áreas: entre os grupos de biotecnologia, 61% não apresentam produto tecnológico com registro ou patente; no restante dos grupos, esse percentual é de 90%. Além disso, 27% daqueles de biotecnologia têm mais do que um "produto tecnológico COM registro ou patente", enquanto no restante dos grupos esse percentual é de apenas 5%. Áreas que se aproximam de biotecnologia em percentual de grupos com mais de um "produto tecnológico COM registro ou patente" são Engenharia Civil e Engenharia de

Minas, além de Biologia Geral e Farmacologia, relacionadas à biotecnologia. Esses dados mostram uma baixa capacidade de desenvolvimento tecnológico dos grupos de pesquisa na academia brasileira de forma geral, o que sugere um baixo nível de aplicações do conhecimento científico.

No que se refere à interação entre grupos de pesquisa e empresas em São Paulo, a proporção daqueles de biotecnologia com relacionamento com empresas está acima da média do agregado de todas as áreas: 25% dos grupos de biotecnologia mantêm algum tipo de relacionamento com empresas, enquanto essa proporção é de 11% para o total de grupos, incluindo as áreas de ciências humanas e linguística, letras e artes. O conjunto de grupos de biotecnologia tem menor proporção de interação com empresas apenas se comparado a algumas engenharias, como Civil (41,2%), Elétrica (28,5%), Mecânica (37,1%), Química (31,8%) e Materiais e Metalúrgica (33,3%), que tradicionalmente trabalham com desenvolvimento tecnológico para o setor privado.

Os tipos de relacionamento entre grupo de pesquisa e empresa são variados. A partir dos dados do diretório de grupos, lembrando sempre que se trata de autodeclaração, vemos que 14% dos grupos têm relacionamento que envolve "Pesquisa científica COM considerações de uso imediato dos resultados" e 10% "Pesquisa científica SEM considerações de uso imediato dos resultados". Os relacionamentos que envolvem "Transferência de tecnologia desenvolvida pelo grupo para o parceiro" são declarados por apenas 6% dos grupos. Trata-se de um percentual muito baixo considerando as possibilidades de desenvolvimento tecnológico da biotecnologia. Também ficam na casa dos 6% aqueles relacionamentos entre grupos de pesquisa e empresas que envolvem algum tipo de treinamento de pessoal.

Esses resultados, por um lado, mostram maior proporção de grupos de pesquisa em relacionamento entre aqueles de biotecnologia se comparados a boa parte dos grupos de outras áreas. Mas, por outro lado, atestam um campo ainda vasto para interação dos grupos de pesquisa com empresas, já que três quartos deles ainda não o fazem. Além disso, é muito baixa a interação que envolve utilização dos resultados de pesquisa pela empresa ou transferência de tecnologia. É uma fraqueza, portanto, da área de biotecnologia na academia brasileira, mas que, devido ao tipo de atividade de pesquisa desenvolvida, pode ser considerada uma oportunidade de desenvolvimento tecnológico e de inovação a ser explorada.

***

O potencial de produção científica em biotecnologia da academia brasileira, em especial a paulista, é significativo. O número de mestres e doutores titulados, especialmente em áreas relacionadas à biotecnologia, vem crescendo. O mesmo ocorre com as publicações, inclusive com a internacionalização delas, apesar do ainda baixo impacto desses trabalhos na ciência mundial.

Por outro lado, a capacidade de desenvolvimento de produtos tecnológicos (com ou sem registro ou patente) da academia brasileira, mesmo em biotecnologia, ainda é muita baixa. Assim como é muito baixo o nível de interação desses grupos com as empresas.

Vimos também que há correlação entre a localização de pesquisadores (ou seja, o potencial de produção científica) em áreas de conhecimento relacionadas à biotecnologia e a presença de empresas com atividades biotecnológicas no Estado de São Paulo. Isso tudo sugere que há um campo vasto a ser explorado. Se, por exemplo, 1% dos pesquisadores matriculados em programas de pós-graduação (mestrandos e doutorandos) em áreas de conhecimento fundamentais para a biotecnologia abrisse uma empresa, 98 novas firmas seriam criadas em São Paulo e mais 254 nos outros estados brasileiros – de acordo com os dados da Capes utilizados na Seção 4.1. Esse total é maior que as 314 empresas com atividades biotecnológicas analisadas nesta tese. Seriam, por exemplo, 15 empresas em genética, 5 em engenharia biomédica e 22 provindas da própria área de biotecnologia. Claro que se trata de uma estimativa simples, sem ponderar as condições de criação e sobrevivência das empresas nem áreas específicas de atuação. Mas o objetivo aqui é ilustrar que há um campo muito pouco explorado no que se refere à articulação entre pesquisa e negócio, entre academia e empresa na biotecnologia no Brasil.

5) Estado e biotecnologia no Brasil: políticas públicas e regulação

Este capítulo tem como foco a atuação do Estado na biotecnologia brasileira, tanto em relação a políticas públicas, programas e ações com impacto nessa atividade econômica como no que se refere a aspectos da estrutura regulatória que envolve a biotecnologia.

O objetivo aqui é mapear como a biotecnologia aparece nas políticas públicas e como a estrutura de apoio à pesquisa e inovação vem se reconfigurando nos últimos anos. O Brasil não carece de programas de apoio a desenvolvimento científico, tecnológico e de inovação em biotecnologia. Seria possível dizer que na verdade o país vive um ativismo programático. A análise a seguir sugere que o Brasil ainda precisa de coordenação dos programas e ações (e menos pulverização) e de melhor articulação (não só relacional, mas institucional e regulatória) do ator principal na indução do desenvolvimento, o Estado, com os outros dois: empresa e academia. O Brasil não tem um sistema de inovação bem desenvolvido, mas sim partes importante dele: setor privado (ainda tímido na quantidade, mas capaz na qualidade); academia (forte na qualidade da pesquisa e nos recursos humanos, mas confinada aos próprios muros e ainda com limitada capacidade de interação com a sociedade, principalmente com o setor privado).

A primeira parte do capítulo contém breve discussão sobre o contexto mais favorável à combinação de ciência e tecnologia com inovação no Brasil nos últimos anos. Na segunda, é feito um levantamento bibliográfico e em documentos sobre o tema da biotecnologia nas políticas federais e estaduais desde o final dos anos 1990, com seção especial para biotecnologia em saúde humana. Na terceira, apresentamos casos de programas e ações com impacto na biotecnologia em São Paulo: instrumentos de apoio à inovação da Finep; os programas PIPE e PITE, da Fapesp; e projetos especiais da Fapesp, como o Genoma. Por fim, discutimos brevemente questões sobre regulação e propriedade intelectual que têm impacto na biotecnologia no Brasil, como biossegurança, biodiversidade e acesso ao patrimônio genético e autorizações de produtos em saúde.

5.1) Um ambiente mais favorável a C&T e inovação no Brasil nos anos recentes?

O pano de fundo desta discussão é a forma pela qual os processos de desenvolvimento de países e regiões são induzidos por políticas públicas. Concretamente, argumentamos que são as reformas estruturantes e políticas de longo prazo, levadas a cabo pelos respectivos governos, federais e/ou estaduais, os responsáveis pelos avanços tecnológicos e saltos em termos de inovação em qualquer país – o que pode ser visto como uma combinação da ótica desenvolvimentista com aquela neo-schumpeteriana. Teses mais liberais, baseadas na abordagem neoclássica, especialmente nos anos 1980 e 1990, fizeram crer que a competição via mercado seria suficiente para forçar os avanços tecnológicos de países e de suas firmas. Não somente tal receita foi inócua, como foram justamente as experiências baseadas em políticas efetivas de Estado que trouxeram os resultados mais expressivos (AMSDEN, 2009; EVANS, 2004; MAZZUCATTO, 2011; ATHREYE e GODLEY, 2010).

Cimoli, Dosi, Nelson e Stiglitz (2009) retomam a discussão de como instituições e políticas (em diferentes formatos) moldam o desenvolvimento produtivo dos países. Os autores defendem que todas as experiências de crescimento econômico sustentado no longo prazo têm em sua base um conjunto de instituições complementares, normas comportamentais compartilhadas e políticas públicas – estas especialmente importantes em casos de sucesso de países que fizeram o chamado *catch-up*. Mostram, assim, que instituições e políticas sempre importam em todos os processos de aprendizado tecnológico e de mudança econômica.

Na base dessa argumentação estão dois pressupostos. O primeiro é que os mercados não são espaços de simples alocação eficiente de recursos, mas ambientes nos quais estão presentes instituições (que organizam interações entre agentes) e políticas (que regulam a competição), e onde técnicas de produção e formas de organização se desenvolvem e a experimentação de novos produtos ocorre.

O segundo pressuposto dialoga com a noção de sistemas nacionais de inovação, discutida no Capítulo 1, uma vez que seria a partir deles que se formaria a base para políticas de CT&I. Ao se rejeitar a visão de que há um estado ótimo do sistema de inovação a ser atingido – fazendo a crítica à abordagem neoclássica de

equilíbrio e à perspectiva de falhas de mercado[60] –, três elementos são introduzidos na análise de políticas: (a) intervenção governamental, que não se limita a correções de falhas de mercado; (b) instituições não mercantis, que têm papel central no desenvolvimento tecnológico; e (c) inovação como um processo multidimensional (SOETE e VERSPAGEN, 2009).

Tal pano de fundo, emprestado do debate sobre desenvolvimento e inovação, informa o caminho que seguimos na análise sobre a biotecnologia no Brasil em dois pontos principais. Primeiramente, a participação central dos governos e das políticas públicas por eles implementadas nos processos de desenvolvimento econômico baseados em conhecimento; por isso, destacaremos incentivos públicos federais e estaduais. Em segundo lugar, consideramos na análise a inovação (ou o desenvolvimento tecnológico) como fenômeno multidimensional, ou seja, que envolve os atores das esferas mercado, ciência e Estado, conforme discutido no Capítulo 1.

De fato, esses dois caminhos podem ser observados no Brasil, que vem fortalecendo, nas últimas décadas, a sua base científica e tecnológica. Sem exagerar no retorno histórico, vale mencionar a relevância da criação do CNPq e da Capes nos anos 1950, da Finep em 1967, da Embrapa e de diversos centros de pesquisa ligados a estatais em área estratégicas, como o CTA (Embraer), o Cempes (Petrobrás) e o CPqD (Telebrás), nos anos 1970.

Na literatura sobre economia da tecnologia no Brasil, o período de 1930 a 1980 é aquele em que a tecnologia aparece como resultado do processo de industrialização (VIOTTI, 2008) e em que o modelo linear de inovação tem sua base institucional construída. Nessa visão, a estrutura científica e tecnológica, portanto, daria conta de fundamentar a pesquisa básica, que consequentemente levaria a aplicações tecnológicas. De fato, os recursos públicos foram bastante importantes naquele momento para o desenvolvimento de um sistema acadêmico nacional capaz de formar recursos humanos para a pesquisa básica (ARBIX, 2010). Mas se, por um

[60] Gadelha (2001), que compartilha dessa abordagem de análise da economia evolucionária, fornece boa explicação a respeito do problema da noção de falhas de mercado: "No corpo da teoria econômica, a noção de falhas de mercado decorre de uma visão de que o mercado possui o atributo natural de gerar estados ótimos e que somente situações anômalas ao seu funcionamento normal justificam a ação pública. (...) Logo, a percepção do papel do Estado na dinâmica industrial deve passar pela demarcação das características particulares dos distintos agentes e instituições presentes no sistema econômico – que também podem variar ao longo do tempo e no espaço –, prescindindo-se, totalmente, de uma visão do mercado como o lócus do equilíbrio e da otimização que fundamenta o conceito forte das falhas de mercado" (GADELHA, 2001: 167).

lado, tal construção institucional rendeu ao país uma estrutura de ciência e tecnologia, por outro, alimentou uma cisão entre a academia e o setor privado que hoje é vista como um dos principais problemas do Brasil no que se refere a inovação – inclusive na biotecnologia, como vimos no Capítulo 4.

Nos momentos de crise econômica dos anos 1980 e na virada para os 1990, em que problemas como inflação, déficit no balanço de pagamentos e dívida pública dominavam as preocupações, a dupla ciência e tecnologia acabou sendo secundária no debate econômico – apesar de o MCT ter sido criado em 1985.

Já nos anos 1990, há avanços no sistema educacional no país, com a ampliação do acesso ao ensino básico e também ao ensino superior, inclusive à pós-graduação, com mais incentivos e recursos para pesquisa. Como vimos no Capítulo 4, o sistema de pós-graduação brasileiro hoje é robusto: forma cerca de 14 mil doutores e 43 mil mestres por ano em cerca de 100 universidades públicas e 90 privadas, além de aproximadamente 2 mil instituições de ensino superior como centros universitários e faculdades (MCT, 2012).

Entretanto, na década de 1990, não houve espaço para políticas industriais ou de ciência e tecnologia articuladas à produção. A diretriz corrente era que a abertura comercial e a liberalização levariam à competição no mercado e obrigariam à busca por maior eficiência por parte das firmas brasileiras. A internacionalização e a competição são importantes para a inovação. Mas a ideia naquele momento era que tecnologia e inovação viriam a reboque por meio de pressões de mercado, de abertura comercial e de importações. Uma exceção nesse contexto dos anos 1990 é a FAPESP, que desde lá atuava na criação de mecanismos para a aproximação entre universidade e empresa, por exemplo, com os programas PIPE e PITE.

Afora tal exceção, o tema da inovação só começa a entrar na agenda no final dos anos 1990, no segundo governo de Fernando Henrique Cardoso, com a criação dos fundos setoriais de ciência e tecnologia. Essa questão do financiamento ao desenvolvimento científico e tecnológico mediante os fundos setoriais é um marco cerca de quarenta anos após a criação do então BNDE (atualmente BNDES), na década de 1950, e da FINEP, nos anos 1960[61].

[61] O vácuo no financiamento é apontado na literatura como um dos problemas para o desenvolvimento tecnológico brasileiro: "Devido à inflação endêmica, o sistema financeiro e de mercado de capitais permaneceu subdesenvolvido até meados dos anos 1990, e isso sem dúvida retardou ainda mais o já tardio processo de industrialização e, por extensão, de desenvolvimento científico e tecnológico" (SUZIGAN, ALBUQUERQUE e CARIO, 2011: 18).

É consenso na literatura a importância dos fundos setoriais como um mecanismo de financiamento mais estável a pesquisa e desenvolvimento no país, pois, além de trazer mais recursos a CT&I, ele introduzia uma vinculação não orçamentária que poderia garantir a previsibilidade de recursos. De acordo com a Finep, que administra os fundos[62], os recursos alocados no Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) provêm de diferentes setores produtivos e derivam de fontes variadas, como royalties, compensação financeira e licenças: "As receitas dos Fundos são oriundas de contribuições incidentes sobre o resultado da exploração de recursos naturais pertencentes à União, parcelas do Imposto sobre Produtos Industrializados de certos setores e de Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico (CIDE) incidente sobre os valores que remuneram o uso ou aquisição de conhecimentos tecnológicos/transferência de tecnologia do exterior" (FINEP, 2014).

São dezesseis Fundos Setoriais, sendo dois deles transversais – um para interação universidade-empresa (Fundo Verde-Amarelo) e outro para infraestrutura de Institutos de Ciência e Tecnologia – e catorze setoriais, como os fundos para biotecnologia, agronegócio, saúde, energia, tecnologia da informação, petróleo e gás e aeroespacial. No que diz respeito à coordenação dos fundos, deve-se destacar também o caráter compartilhado de sua gestão, uma vez que na composição de seus comitês gestores estão representantes de ministérios, agências reguladoras, comunidade científica e empresas.

Apesar da criação dos fundos em 1999, a mudança não ocorreu automaticamente na prática, em razão da baixa execução orçamentaria nos anos iniciais (que só melhoraria a partir de 2003) e dos problemas no arcabouço legal e regulatório da época, em parte resolvidos com a Lei de Inovação em 2004 (SALERNO e KUBOTA, 2008), como veremos a seguir.

Após os anos 2000, o Estado brasileiro passa, então, a desempenhar um papel mais proativo em direção ao estímulo de CT&I, buscando maior integração entre a infraestrutura de conhecimento pública (instituições de ensino e pesquisa, agências de fomento etc.) e o setor produtivo. Ainda que de forma pulverizada, uma diretriz favorável ao desenvolvimento baseado em conhecimento ganha espaço e vai sendo posta em prática, com novas instituições, leis, programas e incentivos diversos – cujos resultados ainda não são expressivos, mas que parecem pavimentar um caminho para

[62] A exceção é o Fundo para o Desenvolvimento Tecnológico das Telecomunicações (FUNTTEL), gerido pelo Ministério das Comunicações.

uma economia com mais inovação (ARBIX e MARTIN, 2010; CGEE, 2009; SENNES, 2009; SALERNO e KUBOTA, 2008).

No começo do século XXI, há, portanto, uma mudança de escala e de alcance na política de ciência e tecnologia brasileira com a retomada das políticas industriais e a articulação delas à inovação. Políticas, leis e instrumentos de apoio à inovação ganham espaço no Brasil mais especificamente a partir de 2004. Nesse ano, o governo lança a Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE), que introduz ações de fomento a inovação e exportações, acompanhando assim tendência das políticas dos países da OCDE. A PITCE buscava aumentar a capacidade tecnológica da indústria nacional e incentivar setores estratégicos, como o farmacêutico, de semicondutores, de software e de bens de capital, além de apontar as chamadas áreas portadoras de futuro, como biotecnologia, nanotecnologia e biomassa.

A Lei de Inovação (nº 10.973/2004) acompanhou a PITCE em 2004 e foi fundamental em termos de modernização jurídica para inovação. Inspirada no Bay-Dohle Act dos EUA, a lei cria condições para ampliação das parcerias entre universidade e empresa, com regras para compartilhamento de infraestrutura e divisão de benefícios econômicos de inovações. Além disso, abre espaço legal para o financiamento público de P&D diretamente nas empresas, criando a possibilidade de instrumentos de apoio como a subvenção econômica (SALERNO e KUBOTA, 2008; CASTRO, 2011; ZUCOLOTO, 2012; ARAÚJO, 2012), cujo exemplo da Finep será tratado em detalhe mais adiante neste capítulo.

Os incentivos fiscais ganham força com a Lei nº 11.196/2005, a chamada "Lei do Bem", que concede benefícios para compra de equipamentos, realização de P&D e contratação de pesquisadores. A lei tem como grande atrativo a sua aplicação automática, o que significa que as empresas estão dispensadas de apresentar projeto previamente para aprovação. Como bem explicam Salerno e Kubota: "Os dispêndios de P&D são lançados em contas regulamentadas pela Receita Federal, cujo saldo pode aumentar, automaticamente, 60% (ou seja, possibilitar uma dedução extra do IR, como se houvesse mais a deduzir). Os contratos de P&D realizados com micros e pequenas empresas do País, e com institutos de ciência e tecnologia brasileiros, podem ser considerados como despesas internas, e, com isso, ser estendidos a empresas menores que não utilizam o sistema de apuração de lucro real, e estimular a formação de redes de empresas e de cooperação com universidades" (SALERNO e KUBOTA, 2008: 35).

Posteriormente, tanto a Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP), de 2008, como o Plano Brasil Maior, de 2011, apesar de ampliarem o espectro em termos setoriais (o que dificulta também a execução da política), mantêm o desenvolvimento tecnológico, a agregação de valor e a inovação como elementos estruturais.

Também nesse sentido, tanto o Plano de Ação – Ciência, Tecnologia e Inovação (PACTI) 2007-2010 como a Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI) 2012-2015 apresentam objetivos na direção do fortalecimento das condições para inovar: apoio a instituições de pesquisa para desenvolvimento tecnológico, qualificação de pesquisadores e estímulo para trabalhar em empresas, busca de mais recursos públicos para empresas inovarem e utilização de poder de compra do Estado para promoção de desenvolvimento tecnológico (MCT, 2006; MCTI, 2011; ZUCOLOTO, 2012; ARAÚJO, 2012).

Houve ainda o fortalecimento de instituições tradicionais como a Finep e de fundações de amparo a pesquisa estaduais (FAPs). Tais instituições passam a atuar mais diretamente no apoio à inovação. A Finep, por exemplo, tem linhas de financiamento reembolsáveis e a subvenção econômica, que consiste em aporte direto de recursos nas empresas para a realização de P&D, selecionando por áreas prioritárias e exigindo contrapartida das firmas. Como explicado acima, tal prática de provisão de recursos não reembolsáveis nas empresas se tornou possível após a Lei de Inovação, em 2004. Outra modalidade da Finep (agora integrada a outros programas) é a subvenção para contratação de mestres e doutores para projetos de inovação nas empresas, em que a instituição pagava parte do salário do pesquisador por um período. Na mesma linha, o CNPq passa gerir o programa RHAE, voltado para estimular pesquisadores em atividades de PD&I em empresas.

O BNDES também tem aumentado as possibilidades de financiamento à inovação. Em 2010, o banco investiu R$ 1,4 bilhão para inovação em 274 empresas (ARAÚJO, 2012: 23). São programas de subsídio como o Fundo Tecnológico (Funtec) – apoio direto não reembolsável – e outros setoriais, o Prosoft (software), o Pro-Aeronática e o Profarma – dos quais trataremos mais adiante. Na área de capital de risco, de renda variável, é implementado o programa de capital semente Criatec, com o objetivo de capitalizar micro e pequenas empresas inovadoras em estágio inicial e com potencial de crescimento (MATTOS, 2009). E posteriormente é lançado o Criatec 2. Há ainda outras formas de atuação do BNDES, como a linha de

financiamento Inovação Tecnológica do BNDES e a chamada Capital Inovador (CGEE, 2009).

O apoio público à inovação nas empresas, que ganha corpo no Brasil nos anos 2000, pode ser resumido em três diretrizes. Primeiramente, o apoio à infraestrutura de C&T, com pesquisa básica e formação de recursos humanos, e ao sistema de inovação de forma geral, com incubadoras e parques tecnológicos (ARAÚJO, 2012: 18). Em segundo lugar, há estímulos mediante incentivos fiscais, que têm como vantagens: flexibilidade, pois cabe à empresa decidir quanto vai investir em P&D; caráter horizontal, quando não condicionam benefícios a setores específicos (como a Lei do Bem); baixo custo administrativo da ação para o governo, uma vez que a aplicação é automática e não requer implementação da burocracia. Por outro lado, os benefícios fiscais, de forma geral, dificultam sua utilização pelas pequenas empresas, já que essas dificilmente optam pelo sistema de tributação pelo lucro real[63] (ARAÚJO, 2012: 19). A terceira forma de apoio, por fim, é o financiamento direto por meio da subvenção econômica, que permite ao governo priorizar setorialmente os investimentos, incentivar pequenas empresas de base tecnológica e estimular inovações radicais e em áreas de fronteira (ARAÚJO, 2012: 19).

Tais iniciativas são recentes e resultados robustos ainda não são tangíveis[64], especialmente porque faltam monitoramento e avaliação das ações e programas. Evidentemente, as críticas às políticas aqui apresentadas são inúmeras, como desintegração de programas, pulverização de iniciativas, sobreposição de agências e falta de coordenação. Seria possível até falar em certo ativismo programático que carece de planejamento. Voltaremos a elas na conclusão deste trabalho, mas nosso objetivo não é discuti-las neste momento. O que importa aqui é mostrar como, ainda que erráticas, iniciativas em direção a um processo de desenvolvimento baseado em

[63] "No sistema de lucro real, os gastos em inovação (sobretudo os gastos correntes) podem ser deduzidos como despesa, muitas vezes em proporção maior que um, reduzindo assim os lucros apurados e, por consequência, o imposto a pagar. No sistema de lucro presumido, isto não ocorre, pois os lucros são estimados a partir da receita e do ramo de atividade" (ARAÚJO, 2012: 25).

[64] Uma informação nessa linha, segundo a Pintec, é que vem aumentando a proporção de empresas inovadoras que utilizam recursos públicos de apoio a P&D, como compra de máquinas e equipamentos, apoio das FAPs, RHAE-Inovação (do CNPq), programas de capital de risco do BNDES e de Finep, compra governamental, incentivos fiscais de estados para P&D, subvenção econômica e financiamento a P&D em parceria com universidades ou institutos de pesquisa. Em 2005, as empresas inovadoras que utilizaram pelo menos um desses apoios eram 18,8%. Já na Pintec 2008, a proporção subiu para 22,3%. E na última, de 2011, chegou a 34,6% (PINTEC, 2011).

conhecimento e inovação vêm acontecendo no Brasil e que a biotecnologia está incluída nesse contexto, como veremos nas Seções 5.2 e 5.3, a seguir.

5.2) Políticas, programas e ações para biotecnologia no Brasil

O desenvolvimento da biotecnologia exige a combinação de uma base em ciência e tecnologia, com forte pesquisa básica, um ambiente favorável à geração de negócios e inovação e uma estrutura legal adequada, capaz de dar conta de questões de propriedade intelectual e certificação. Não é fácil para nenhum governo coordenar os diferentes atores em direção a uma combinação de todos esses componentes. De fato, governos federais e estaduais atuam em diversas frentes: na formação de recursos humanos (instituições de ensino públicas); diretamente em pesquisa (institutos e empresas públicos, fundações, universidades e laboratórios); no investimento em ciência, tecnologia e inovação (mediante agências de fomento, bancos, programas ministeriais e de secretarias); e na regulamentação (com mecanismos legais e proteção dos direitos de propriedade).

No que se refere à biotecnologia, além das políticas de C&T desde a segunda metade do século XX em áreas como saúde e agricultura, bem como do apoio a instituições como Embrapa, Instituto Butantan e Fiocruz, as políticas, ações e programas de governos federais e estaduais foram sendo criadas e aperfeiçoadas ao longo dos últimos trinta anos para dar conta dessas demandas de uma atividade econômica baseado em ciência, de alto risco, com dificuldades de financiamento e dependente de um sistema regulatório complexo.

De acordo com a literatura sobre o tema no Brasil, a política de apoio à biotecnologia teve início nos anos 1980, com ações e programas direcionados especificamente para a área (ASSAD e AUCÉLIO, 2005; AUCÉLIO e SANTANA, 2006; FONSECA, 2009).

O primeiro deles foi o Programa Nacional em Biotecnologia (Pronab), do CNPq, de cunho mais geral, uma vez que abrangia o estímulo ao desenvolvimento de tecnologias como cultura de tecidos vegetais, fermentação, cultura de células e imunobiológicos. Foi seguido pelo Programa Integrado de Doenças Endêmicas (Pide) e pelo Programa Integrado em Genética (Pige), ambos também do CNPq (AUCELIO e SANTANA, 2006).

Em 1984, foi criado o Programa de Apoio ao Desenvolvimento da Ciência e Tecnologia (PADCT), com ações que auxiliaram o desenvolvimento de áreas correlatas à biotecnologia mediante o Subprograma de Biotecnologia (Sbio). Foi dividido em três fases, sendo que na segunda, na virada para os anos 1990, começam as parcerias entre universidade e empresa (AUCELIO e SANTANA, 2006). Segundo os autores, nessa época, "os primeiros produtos biotecnológicos que surgiram foram insulina humana, plástico biodegradável, biofilme e plantas geneticamente modificadas" (AUCELIO e SANTANA, 2006).

Outro programa de destaque para a biotecnologia foi o Recursos Humanos em Áreas Estratégicas (Rhae), do MCT, que começou em 1987 e se manteve até 1997, incentivando a formação de mão de obra científica e tecnológica por meio da trabalho de doutores em empresas para criar núcleos de P&D (Aucelio e Santana, 2006; Fonseca, 2009). Conforme apontamos anteriormente, esse programa foi retomado pelo CNPq nos anos 2000 com algumas alterações.

Alguns resultados positivos dessa época seriam a base de ciência e tecnologia em áreas correlatas a biotecnologia, como saúde humana e animal, agricultura e energia; o relacionamento com grupos de pesquisa do exterior; a criação de alguns produtos; e a estrutura de um sistema de ciência e tecnologia (fundado em universidades e ouras instituições públicas fortes, como CNPq, Finep e fundações estaduais de pesquisa) (AUCELIO e SANTANA, 2006).

A partir de 1999, com a criação dos Fundos Setoriais e a alocação de recursos do FNDCT, sob responsabilidade do MCT e executados pelo CNPq e pela FINEP, a política de C&T no Brasil, conforme mencionado acima, tem a trajetória de financiamento alterada. A biotecnologia é contemplada nessa mudança, tanto de forma geral (com recursos para áreas relacionadas) como de forma específica, uma vez que foi criado em 2001 o Fundo Setorial de Biotecnologia (FSB).

De alguma forma, a criação do fundo fortalece o Programa de Biotecnologia e Recursos Genéticos e Genoma (PBRG-G), elaborado em 2000 e sob responsabilidade da Coordenação Geral de Biotecnologia e Saúde do MCT (AUCELIO e SANTANA, 2006; Fonseca, 2009). Como o nome diz, o PBRG-G enfatizou ações para "conservação de recursos genéticos e desenvolvimento de produtos e processos biotecnológicos com aplicações na produção industrial, na agropecuária e na saúde humana" (SILVEIRA et al., 2004). Segundo Aucelio e Santana (2006), um dos pontos fortes do PBRG-G, rebatizado como Programa Nacional de Biotecnologia, foi a

criação de redes de pesquisa nacionais, estimuladas pelos governos federais e estaduais, as quais levaram a resultados positivos, por exemplo, na área de genômica[65].

Na já mencionada PITCE, a biotecnologia aparece como uma das áreas portadoras de futuro. Nessa política de 2004, promove-se a criação do Fórum de Competitividade de Biotecnologia com o objetivo de reunir os atores envolvidos na cadeia produtiva.

Já no Plano de Ação – Ciência, Tecnologia e Inovação (PACTI) 2007-2010 para o Desenvolvimento Nacional são especificadas 21 linhas de ação (MCT, 2007). Uma delas é voltada para "Pesquisa, desenvolvimento e inovação em áreas portadoras de futuro: biotecnologia e nanotecnologia". Os objetivos para essas áreas são genéricos, mas reforçam a presença da biotecnologia em políticas nacionais: "Incentivar desenvolvimento tecnológico e inovação em setores estratégicos de aplicação da biotecnologia, como agropecuária, saúde humana e animal, meio ambiente e indústria, em sintonia com a Política de Desenvolvimento da Biotecnologia" (MCT, 2007).

Em 2007, a partir do Fórum de Competitividade de Biotecnologia, teve origem a Política de Desenvolvimento da Biotecnologia (PDB), a qual, por sua vez, institui o Comitê Nacional de Biotecnologia (CNB) para coordenar sua implementação. Esse comitê, que tem coordenação geral do MDIC, abarca outros dezesseis órgãos públicos federais[66], o que demonstra uma estrutura de governança complexa do setor. Em

---

[65] Podemos citar ações como: Redes Brasileira e Regional de Genoma, Rede de Pesquisa de Eucaliptos, Rede de Biologia Estrutural, Rede Nacional de Proteoma, desenvolvimento de biofármacos e imunobiológicos e suporte a projetos de novas rotas tecnológicas (AUCELIO e SANTANA, 2006).

[66] "Art. 5: O Comitê Nacional de Biotecnologia será constituído por um representante de cada órgão ou entidade abaixo identificado: I - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, que o coordenará; II - Casa Civil; III - Ministério da Saúde; IV - Ministério da Ciência e Tecnologia; V - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; VI - Ministério do Meio Ambiente; VII - Ministério da Educação; VIII - Ministério do Desenvolvimento Agrário; IX - Ministério da Justiça; X - Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI); XI - Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA); XII - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); XIII - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA); XIV - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES); XV - Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP); XVI - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES); e XVII - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI). § 1o O Comitê Nacional de Biotecnologia será assessorado pelo Fórum de Competitividade de Biotecnologia e por órgãos colegiados do governo federal, incluindo a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), a Comissão Nacional de Biodiversidade (CONABIO), o Conselho de Gestão do Patrimônio Genético (CGEN), o Conselho Nacional de Saúde (CNS) e o Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (CONSEA) que poderão propor ações consideradas relevantes para o aperfeiçoamento da Política de Desenvolvimento da Biotecnologia, bem como por outros órgãos e colegiados do Governo Federal, a critério do Comitê" (PDB, 2007).

linhas gerais, são definidas ações estruturantes: investimentos, formação de recursos humanos, infraestrutura e aperfeiçoamento do marco regulatório. Além disso, são apresentados objetivos específicos nas seguintes áreas: saúde humana; agropecuária; industrial, ambiental (PDB, 2007).

Na Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP), de 2008, as ações para fomentar a biotecnologia retomam as iniciativas da Política de Desenvolvimento da Biotecnologia e de outros programas, como os fundos especiais do BNDES (PROFARMA) e os fundos setoriais (BIANCHI, 2011). Entretanto, não há especificações nem avanços importantes, como é comum verificar na avaliação da própria PDP em geral, que reúne incentivos a muitos setores e, ao fazer isso, acaba não priorizando nenhum deles.

Essa apresentação revela que a biotecnologia está presente na agenda pública há pelo menos trinta anos. Ou seja, não faltam políticas e programas no tema. Alguns são avanços de uma construção institucional quando observada em perspectiva histórica[67]. Mas outros parecem mera continuidade do discurso da "importância da biotecnologia". Vejamos, na seção a seguir, alguns tópicos acerca da área da saúde, que contempla proporção importante de empresas e produção científica, como vimos anteriormente, e cujas políticas têm consequências diretas para a biotecnologia no país.

5.2.1) Políticas públicas, saúde humana e biotecnologia no Brasil

Desde a Constituição de 1988, o Estado brasileiro expandiu o sistema público de saúde e, principalmente a partir do começo dos anos 2000, há ações para consolidação do SUS em diálogo com outras políticas de governo. O estímulo estatal para o desenvolvimento do setor ocorre não só no provimento dos serviços de saúde e no repasse de recursos para os prestadores de serviços, mas também na compra de bens, como medicamentos, no incentivo à produção por meio dos laboratórios públicos, e nas atividades regulatórias (GADELHA, 2006; SHADLEN e FONSECA,

[67] Além das políticas, nesse período o sistema institucional e regulatório brasileiro também sofreu alterações com impactos diretos na biotecnologia. A partir da década de 1990, o Brasil teve a aprovação da Lei de Biossegurança (de 1994 e com emendas em 2004, sancionadas pelo Congresso Nacional), da Lei de Patentes e da Lei de Proteção ao Cultivares, ambas de 1997, e a criação da CTNBio em 2005. Tais iniciativas serão tratadas na Seção 5.4.

2013). Nesse contexto, atividades de pesquisa e de produção nos fornecedores de bens e serviços voltados à saúde vêm se expandindo.

De acordo com estimativas do Ministério da Saúde, o complexo do setor é um mercado de aproximadamente R$ 160 bilhões por ano, que emprega cerca de 20 milhões de trabalhadores diretos e indiretos (MS, 2010). Uma boa chave de entendimento da intersecção entre política de saúde e política industrial ou provisão de serviços em saúde e inovação em saúde humana e biotecnologia é justamente essa noção de Complexo Econômico Industrial da Saúde, bem trabalhada por Gadelha (2003; 2006): trata-se de um conjunto de "atividades produtivas que mantêm relações intersetoriais de compra e venda de bens e serviços e/ou de conhecimentos e tecnologias" (...), "inseridas num contexto político e institucional particular", em que estão articuladas "a prestação de serviços e a produção de bens tão diferentes como medicamentos, equipamentos ou produtos para diagnóstico" (GADELHA, 2006: 15)[68].

De fato, é possível identificar as tentativas da indução do governo federal no complexo da saúde que impactam a biotecnologia em saúde humana ao analisarmos as políticas industriais mencionadas na seção anterior.

Na PITCE, de 2004, a cadeia produtiva farmacêutica é destacada como uma das quatro prioridades setoriais. Em decorrência disso, foi lançado no mesmo ano o Programa de Apoio ao Desenvolvimento da Cadeia Produtiva Farmacêutica (Profarma), do BNDES. Ao longo de quatro anos, 49 projetos tiveram apoio financeiro por esse instrumento (37 deles no Estado de São Paulo), somando um total de cerca de R$ 2 bilhões (sendo R$ 1,03 bilhão do BNDES) de investimentos em

[68] A noção de CEIS se vincula à abordagem neo-schumpeteriana e dialoga com a literatura sobre sistema nacional de inovação. Cassiolato e Albuquerque (2002) explicam por que a ideia de sistema de inovação da saúde pode ser um fio condutor para a análise do setor ao permitir: articular empresa, instituições de pesquisa e governo (incluindo instituições de financiamento a CT&I); desagregar o sistema nacional em diferentes setores, considerando que as características do progresso científico e tecnológico variam entre os setores da economia; captar mudanças nas fronteiras do setor. Os autores elencam características gerais do sistema de inovação do setor de saúde, que, não por acaso, dialogam com a análise sobre a biotecnologia nesta tese: universidades e instituições de pesquisa funcionam como "foco de convergência de fluxos de informação científica e tecnológica"; "hospitais e centros médicos universitários apresentam demandas para os componentes do subsistema e interagem ao longo do seu desenvolvimento" com empresas, governo, financiadores e reguladores; instituições de regulação têm "papel de filtro das inovações geradas pelas universidades e indústrias"; a interação universidade-empresa é diversa; a saúde pública interage com universidades e instituições de pesquisa e "recebe inovações do complexo médico-industrial"; "a efetividade das inovações, implementadas pela assistência médica e saúde pública, repercute diretamente sobre o bem-estar da população, que é o objetivo final do conjunto do subsistema de inovação da saúde" (CASSIOLATO e ALBUQUERQUE, 2002: 136).

implantação, expansão e modernização de parques industriais, PD&I e fortalecimento de empresas nacionais (CAPANEMA et al., 2008).

Segundo avaliação de técnicos do BNDES, a maior parcela dos investimentos foi para "adequação ou construção de plantas produtivas conforme as normas de Boas Práticas de Fabricação (BPF), seguidos por realização de testes de biodisponibilidade relativa na renovação de registro de medicamentos similares" (PALMEIRA FILHO e CAPANEMA, 2010: 8).

É importante mencionar também que 55% do montante foi destinado a grandes empresas. Os apoios para micro, pequenas e médias empresas passaram a ser mais frequentes a partir do momento em que o banco flexibilizou as garantias reais para a aquisição de crédito, já que empresas pequenas e nascentes não têm ativos fixos suficientes para tal, e modificou os pisos para apoio direto e as regras para aplicação do resultado da classificação de risco das empresas (PALMEIRA FILHO e CAPANEMA, 2010).

O Profarma nessa primeira fase tinha como objetivos: "incentivar o aumento da produção de medicamentos para uso humano e seus insumos no país; melhorar os padrões de qualidade dos medicamentos produzidos para uso humano e sua adequação às exigências do órgão regulatório nacional; reduzir o déficit comercial da cadeia produtiva farmacêutica; estimular a realização de atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação no país; e fortalecer a posição econômica, financeira, comercial e tecnológica da empresa nacional" (CAPANEMA et al., 2008: 5-6). O Profarma acabou sendo mais uma fonte de recursos significativa para a indústria farmacêutica nacional se adequar às novas exigências regulatórias do que um programa de inovação de fato.

Em 2007, o governo federal lança o Programa Mais Saúde e define o chamado Complexo Industrial da Saúde como um dos eixos estratégicos para a política de saúde. No mesmo ano, o PACTI 2007-2010 destaca a importância dos insumos em saúde e orienta o financiamento e a atuação do sistema de CT&I para essa área. Já em 2008, a PDP menciona o complexo da saúde entre as áreas estratégicas portadoras de futuro. Nesse mesmo ano foi criado o Grupo Executivo do Complexo Industrial da Saúde (GECIS), que funciona como instrumento do Ministério da Saúde para integrar políticas do governo federal relacionadas ao Complexo Industrial da Saúde.

Nesse contexto, ainda no final de 2007, o escopo do Profarma é revisado e passa a abranger ações voltadas a elevar a competitividade do Complexo Industrial da

Saúde, contribuir para a sustentabilidade do SUS e articular as políticas industriais com a política de saúde (BNDES, 2014a; CAPANEMA et al., 2008).

Esse viés continua na terceira fase do programa, lançada em 2013, que coloca como objetivos estratégicos: "Estimular a construção de capacidade produtiva, capacitação e inovação em produtos e processos biotecnológicos no CIS; induzir a disseminação da atividade inovadora e o adensamento da cadeia de P&D no CIS; incentivar o aumento da capacidade produtiva e modernização de instalações no CIS" (BNDES, 2014a). Segundo o banco, o programa tem vigência até 2017 e dotação orçamentária de R$ 5 bilhões.

A ênfase em desenvolvimento de produtos biotecnológicos e no apoio a projetos de P&D e inovação na saúde aparece casada com o novo subprograma Profarma Biotecnologia (BNDES, 2014b). O objetivo formal do programa não difere muitos daqueles de outros documentos lançados anteriormente. Segundo o banco: "apoiar investimentos voltados para a construção de competitividade local em pesquisa, desenvolvimento e produção de produtos para a saúde humana, com base em biotecnologia moderna. Isso significa desenvolver uma indústria brasileira de biotecnologia, adensando a cadeia de P&D de novos produtos" (BNDES, 2014b).

Até fevereiro de 2013 o BNDES Profarma tinha um estoque de 88 operações aprovadas e contratadas, com financiamento total de aproximadamente R$ 2 bilhões, sendo 46% para produção, 31% a inovação, 18% para reestruturação de empresas e 5% para exportação (BNDES, 2014b). Isso mostra que houve um aumento dos financiamentos à inovação na saúde, de fato, diferentemente da primeira fase do programa.

Outra forma de atuação do governo federal é reforçada em 2012, quando foi lançada a "Estratégia Nacional de C&T&I", que contempla Fármacos e Complexo Industrial da Saúde entre seus programas prioritários dos setores portadores de futuro. O documento do MCTI reforça a ideia já mencionada aqui de que a "indústria de base química e biotecnológica se destaca tanto pela sua relevância econômica como pela sua importância no domínio de novas tecnologias em áreas estratégicas para o País. Dentre as atividades desta indústria encontram-se a produção de medicamentos, fármacos, vacinas, hemoderivados, reagentes para diagnóstico, soros e toxinas" (MCTI, 2011: 57). E menciona duas linhas principais de atuação: "Inovação e Produção de Insumos Estratégicos para a Saúde" e "Pesquisa em Saúde e Avaliação de Tecnologias". Tais linhas enfatizam a necessidade de criar mecanismos de

estímulo à inovação em saúde e instrumentos para transferência tecnológica de *know how* do setor privado para os laboratórios públicos nacionais (MCTI, 2011: 59).

Apesar de o Plano Brasil Maior já em 2011 estabelecer diretrizes para as chamadas "Parcerias para o Desenvolvimento Produtivo" (PDP) na saúde e para o uso do poder de compra do Estado no setor, é a portaria de 2012 que define as parcerias para desenvolvimento produtivo na saúde, instrumento que põe em prática as linhas de atuação da ENCTI mencionadas acima. Esse mecanismo é explícito no sentido da articulação entre uma política industrial, tecnológica e de inovação motivada pela política de saúde: "As PDP são parcerias realizadas entre instituições públicas e entidades privadas com vistas ao acesso a tecnologias prioritárias, à redução da vulnerabilidade do Sistema Único de Saúde (SUS) no longo prazo e à racionalização e redução de preços de produtos estratégicos para saúde, com o comprometimento de internalizar e desenvolver novas tecnologias estratégicas e de valor agregado elevado"[69].

Segundo o Ministério da Saúde, até dezembro de 2013, havia 104 acordos para a produção no Brasil de 97 produtos, entre eles vacinas, antirretrovirais, medicamentos oncológicos, fármacos para doenças negligenciadas e biossimilares. O arranjo envolve 19 laboratórios públicos e 60 privados, sendo 30 de capital nacional e 30 estrangeiros (MS, 2013).

Com o objetivo de colocar a indústria brasileira numa rota de aprendizado tecnológico de biossimilares e diminuir o déficit de R$ 10 bilhões na balança comercial em saúde humana no país, o governo federal pretende utilizar seu poder de compra para estimular a produção local de medicamentos e biossimilares[70]. O fato de que o governo pagará até 25% a mais quando esses produtos forem manufaturados no país estimulou o setor privado. Duas *joint ventures* para manufatura de biossimilares, a Bionovis e a Orygen Biotecnologia, foram criadas – com apoio do governo federal na articulação e com participação do BNDES e da Finep[71].

---

[69] Ver Portaria Nº 837, de 18 de abril de 2012, Ministério da Saúde.

[70] Ver <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Decreto/D7713.htm>.

[71] Outra novidade nos últimos anos é o Inova-Saúde, parceria da Finep com o Ministério da Saúde, de que trataremos mais adiante em seção sobre os instrumentos de apoio à inovação da Finep. Nesse último, e também nos editais conjuntos da Finep com fundações estaduais no programa Tecnova, é permitida a contratação de serviços no exterior, caso eles não sejam oferecidos no país. Essa possibilidade é importante, pois muito da expertise necessária para o desenvolvimento de novos produtos em saúde humana ainda não existe no país (REZAIE et al., 2008).

Mas a implementação e os desdobramentos de algumas dessas ações deixam a desejar, como apontam Gadelha e Costa (2012): "vale citar a produção nacional do Efavirenz (via licenciamento compulsório), a partir de 2009, como um resultado de PDP. Entretanto, passados três anos após este primeiro sucesso significativo, e a despeito de terem sido estabelecidas mais de 30 parcerias para a produção de produtos essenciais para programas de imunização, saúde da mulher, AIDS, tuberculose, entre outros, apenas cinco produtos estão registrados na ANVISA e começaram a ser produzidos via PDP. A pouca efetividade dessas PDP relaciona-se com fatores diversos, a exemplo da estrutura subdimensionada de pessoal da ANVISA, da não priorização da avaliação pelo Ministério da Saúde dos produtos produzidos no âmbito das mesmas e da não existência no Brasil de uma expertise no que tange à transferência tecnológica do setor privado para o público" (GADELHA, COSTA e METTEN, 2012).

A produção de vacinas, reagentes para diagnóstico e biofármacos em instituições públicas também foi reforçada a partir das parcerias de desenvolvimento produtivo, por exemplo, no Instituto Butantan e em unidades da Fiocruz. No caso das instituições públicas, o uso do poder de compra do Estado não é uma prática nova no Brasil. No escopo do Programa Nacional de Imunizações (PNI), em vigor desde 1975, a produção de imunobiológicos (vacinas e soros) nos laboratórios públicos é considerada pela literatura uma estratégia bem-sucedida não só pela imunização em si, mas também pela articulação entre política de saúde e política industrial. Houve uma integração das atividades de P&D e produção com as demandas do sistema de saúde. Se a produção de fármacos e medicamentos está no setor privado nacional e internacional, a produção de vacinas e soros se concentra na rede de instituições públicas, principalmente Fiocruz e Butantan, e está voltada para o atendimento de programas do Ministério da Saúde e de secretarias estaduais na área (CAPANEMA et al., 2008; GADELHA, COSTA e METTEN, 2012; SILVEIRA et al., 2004; GADELHA, 2003).

De acordo com a literatura, mesmo com a introdução da moderna biotecnologia, que alterou a configuração do mercado de vacinas, com a chegada de novas tecnologias de produção, o Brasil se manteve bem posicionado devido à combinação de estrutura de P&D e produção nas instituições públicas combinada à demanda dos governos federal e estaduais (GADELHA, MALDONADO e COSTA, 2012).

Já na indústria de hemoderivados, a biotecnologia é estratégica para o processamento do plasma humano. A inexistência de uma base produtiva nacional de plasma parece ser também preocupação do governo federal. Foram feitos investimentos na Hemobrás, que deve estar em funcionamento em 2014, para a produção nacional de hemoderivados (GADELHA et al., 2012). O déficit de hemoderivados no balanço comercial representou US$ 1,7 bilhão em 2011 (GADELHA, COSTA e METTEN, 2012).

No campo das doenças negligenciadas, o Brasil vem aumentando os investimentos para desenvolvimento de terapias nos últimos anos. A participação ainda é tímida em vista do necessário, mas algumas ações foram realizadas: "em termos de financiamento público, o Brasil está em sexto lugar na listagem de países que mais investem na área de doenças negligenciadas (atrás de EUA, União Europeia, Inglaterra, Holanda e Irlanda)" (FAPESP, 2011c: 35).

Um exemplo é o Centro de Biotecnologia Molecular Estrutural (CBME), com financiamento da FAPESP, que deu origem ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Biotecnologia Estrutural e Química Medicinal em Doenças Infecciosas (INBEQMeDI). O INBEQMeDI desenvolve pesquisas em doenças tropicais negligenciadas e em novos fármacos para o tratamento de doenças endêmicas, como leishmaniose, esquistossomose, doença de Chagas, malária e leptospirose. Outro exemplo são pesquisas conjuntas do Instituto Butantan com o Instituto Adolfo Lutz também para o avanço no diagnóstico e tratamento de doenças negligenciadas (FAPESP, 2011c: 35).

A profusão de políticas, programas e estratégias aqui apresentados revela que o governo federal (e o estadual paulista, de modo complementar) está, pelo menos em termos de diagnóstico do setor e possibilidades de ação, alinhado com as necessidades para o desenvolvimento tecnológico e produtivo da saúde no Brasil. Um elemento que aparece cada vez mais nesses programas é justamente o desenvolvimento da capacidade inovativa do país em saúde.

É disseminada na literatura a ideia de que a crescente demanda por produtos e serviços importados está relacionada à carência de atividades mais intensivas em tecnologia na área de saúde. O déficit na balança comercial do Complexo Econômico Industrial da Saúde subiu de US$ 3 bilhões, em 2003, para US$ 10 bilhões, em 2011, sendo a metade em medicamentos e insumos farmoquímicos, 23% em equipamentos, 17% em hemoderivados e 10% em reagentes, vacinas e soros (GADELHA, COSTA e

MALDONADO, 2012). Há tanto uma baixa capacidade inovativa da indústria brasileira do complexo da saúde (farmacêutica e de equipamentos médico-hospitalares) como um descasamento com a base científica nacional.

A alta dependência de financiamento público, apresentada no Capítulo 3 e relembrada aqui, e a baixa capacidade inovativa das empresas da área de saúde em biotecnologia são evidências que apontam desafios importantes quando se trata de biotecnologia em saúde humana no Brasil: 1) ampliar a produção com base em ciência e tecnologia para além de vacinas nos laboratórios públicos; 2) diminuir o alto déficit comercial; e 3) aprimorar instrumentos de poder de compra do governo como estratégia para estimular desenvolvimento tecnológico e inovação de fato, e não apenas fazer substituição de importações com rotas tecnológicas que não serão mais a fronteira daqui a alguns anos.

A descrição da presença da biotecnologia no planejamento do governo federal nas últimas décadas não tem o objetivo de avaliar resultados, mas sim de localizar o setor nas políticas públicas, especialmente em um momento em que o Estado parece se colocar de forma mais ativa na promoção do desenvolvimento. De fato, a presença ocorre e o Estado parece estar sintonizado, ao menos nos planejamentos, com as demandas específicas do setor. Mas as críticas mais comuns a esse conjunto de políticas permanecem, como a repetição de propostas nas diferentes políticas, o descasamento entre propostas gerais e as poucas específicas, a falta de detalhamento nos mecanismos para atingir as proposições feitas e a fragmentação das instâncias decisórias (AUCELIO e SANTANA, 2006; FONSECA, 2009; BIANCHI, 2011).

5.3) Programas e ações de P&D e inovação para biotecnologia no Estado de São Paulo

A infraestrutura de ciência e tecnologia construída no Brasil desde os anos 1960 consolidou a produção de conhecimento em algumas áreas como as ciências agrárias e da saúde. Se por um lado não significa uma política deliberada voltada à biotecnologia (mesmo porque o próprio termo está fora da agenda pública até os anos 1980), por outro, consolidou instituições públicas autônomas voltadas a pesquisas específicas e a soluções de problemas locais (como a produção de vacinas no Instituto Butantan e na Fiocruz ou os avanços tecnológicos para a agricultura provindos da Embrapa).

O Estado de São Paulo é parte desse contexto. Além das fortes universidades estaduais paulistas, dos institutos de pesquisas voltados a agricultura, saúde humana e animal e dos hospitais, a Fapesp desempenhou papel central no desenvolvimento da biotecnologia em território paulista[72].

A análise a seguir busca apresentar programas de apoio a CT&I da Finep e da Fapesp com repercussões diretas para a biotecnologia no Estado de São Paulo. O objetivo desta seção é mostrar a presença de estratégias públicas, tantos federais como estaduais, no desenvolvimento da biotecnologia no Brasil, mais especificamente de São Paulo.

5.3.1) A Finep e o apoio à inovação nas empresas

A primeira análise se refere ao apoio da Finep às empresas, cujos programas vêm sendo ampliados e diversificados nos últimos quatro anos. Junto da FAPESP, a agência é fundamental para o financiamento de desenvolvimento tecnológico e inovação das firmas com atividades biotecnológicas paulistas.

Desde os anos 1970, a Finep tem estimulado a pesquisa e a expansão da infraestrutura de C&T no país. A articulação entre os diferentes atores envolvidos no desenvolvimento tecnológico (universidades, centros de pesquisa, institutos públicos e empresas) também esteve na pauta da Finep, mas, como apresentado anteriormente, ganhou força nos anos 2000 com as mudanças regulatórias e programáticas da política pública de CT&I no Brasil, como a Lei de Inovação e a possibilidade do financiamento não reembolsável às empresas. Após 2010, a Finep passou a se apresentar como a Agência Brasileira de Inovação, priorizando cada vez mais a inovação nas empresas.

As firmas atualmente podem acessar os recursos da Finep basicamente por três modalidades de apoio: financiamento não reembolsável, financiamento reembolsável e investimentos.

O financiamento não reembolsável é realizado mediante o programa de subvenção econômica, criado em 2006, com aplicação direta de recursos públicos na empresa para promover atividades de inovação e apoiar o desenvolvimento de

[72] Alguns dessas instituições estão no Quadro 1, no Capítulo 4.

competitividade do setor privado[73]. Em geral são realizadas chamadas públicas com editais temáticos e há uma contrapartida das empresas, que varia de 5% a 200%, de acordo com seu porte.

Já o financiamento reembolsável é basicamente crédito. Segundo a própria Finep, "é concedido a instituições que demonstrem capacidade de pagamento e condições para desenvolver projetos de P&D. Os prazos de carência e amortização são calculados em função da combinação entre os prazos de execução dos projetos, sua geração de caixa e a capacidade de pagamento da empresa" (Finep, 2014). São financiamentos para projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação com encargos bastante reduzidos na comparação com empréstimos comuns praticados no mercado. O fluxo é contínuo e a Finep busca atender às demandas espontâneas da empresas, mas também atua com prospecção para induzir empresas a buscar crédito para inovar.

O terceiro tipo é o apoio indireto da Finep a empresas por meio de fundos de investimentos com participação da agência e gestão de terceiros, como o programa Inovar[74].

No caso da biotecnologia é possível encontrar empresas sendo apoiadas nas três modalidades, principalmente a subvenção econômica, em razão de o instrumento ser atrativo para as pequenas empresas, como é o caso da maioria daquelas com atividades biotecnológicas. Como apresentado no Capítulo 3, considerando as concessões da Finep desde 2007 em qualquer uma das modalidades, 55% das empresas com atividades biotecnológicas de São Paulo obtiveram algum tipo de apoio – entre as empresas de outros estados a proporção é de 68%.

---

[73] Apesar de não ser um objetivo nesta seção identificar o apoio da Finep à biotecnologia para além das empresas, vale lembrar que existem as linhas de apoios a ICTs. Além da subvenção econômica, há "apoio financeiro concedido a instituições públicas ou organizações privadas sem fins lucrativos para realização de: projeto de pesquisa científica ou tecnológica ou de inovação; estudos ou de eventos e seminários voltados ao intercâmbio de conhecimento entre pesquisadores". E também o Sistema Brasileiro de Tecnologia (SIBRATEC), que "compreende ações de apoio à parceria entre o setor produtivo e as instituições de ciência e tecnologia. Por meio das Redes SIBRATEC as empresas poderão ter acesso a serviços tecnológicos, assistência tecnológica especializada e realização de projetos de inovação em parceria com instituições de ciência e tecnologia" (FINEP, 2014).

[74] "O Inovar é uma parceria da Finep com o Fundo Multilateral de Investimentos do Banco Interamericano de Desenvolvimento (FUMIN/BID), para promover a indústria de capital empreendedor no país e o desenvolvimento das empresas inovadoras brasileiras. Abrange ações relacionadas ao investimento de capital semente, à formação de redes de investidores-anjos, ao aconselhamento estratégico e apresentação de empreendimentos inovadores a investidores potenciais, à transferência de conhecimentos acumulados pela Finep a instituições e iniciativas congêneres na América Latina, à promoção e disseminação das melhores práticas relacionadas ao capital empreendedor e à atração de investidores institucionais para a indústria brasileira" (FINEP, 2014).

Além disso, de acordo com os resultados dos editais dos últimos três anos, é crescente o número de empresas com atividades biotecnológicas que recorrem à instituição. Isso acompanha a tendência geral de aumento do orçamento da Finep e também a proporção crescente direcionada para inovação nas empresas nos últimos anos – o crédito para inovação cresceu quase seis vezes em dois anos, passando de R$ 1,1 bilhão em 2011 para R$ 6,3 bilhões em 2013 (FINEP, 2014).

É interessante observar que a área "biotecnologia" esteve sempre presente nos editais de subvenção econômica da Finep desde 2006. Naquele ano, os temas da chamada, cujo valor total era de R$ 300 milhões, foram vacinas, enzimas industriais, biopolímeros, proteínas recombinantes; biomassa e energias alternativas (plantas oleíferas de alta produtividade, subprodutos biodiesel, etanol). A demanda das empresas chegou a 1.100 projetos, somando R$ 1,9 bilhão, mas foram aprovadas 145 propostas, para um desembolso total de R$ 272,5 milhões (ZUCOLOTO, 2012).

Em 2007, os temas do edital foram biodiversidade, biotecnologia e saúde; biocombustíveis e energias (etanol, bagaço e palha, fontes alternativas de energia, biomassa). A demanda chegou a 2.567 projetos (R$ 4,9 bilhões), mas foram aprovadas 174 propostas (com apoio total de R$ 313,7 milhões) (ZUCOLOTO, 2012). No ano seguinte, os temas foram divididos em biotecnologia (produtos terapêuticos da biodiversidade, bioinseticidas, processos e kits de diagnóstico); e saúde (dispositivos terapêuticos doenças negligenciadas e câncer, desenvolvimento de moléculas prioritárias) (ZUCOLOTO, 2012). Em 2009, além de saúde e biotecnologia, energia também foi área incluída na chamada que colocou à disposição das empresas R$ 450 milhões para 2.558 propostas (ZUCOLOTO, 2012).

Além do aumento no orçamento nos últimos anos, o destaque mais recente é o conjunto de programas denominado Inova Empresa. Criado em 2013, combina as três modalidades de apoio da Finep (principalmente financiamento reembolsável e não reembolsável) com outras de órgãos como Ministério da Saúde (MS) e BNDES e busca alcançar diferentes setores.

Tomando aqueles que estão em áreas relacionadas à biotecnologia, o Inova Saúde, por exemplo, é uma iniciativa da Finep, em cooperação com MS, BNDES e CNPq, para apoiar PD&I em projetos de instituições públicas e privadas no âmbito do chamado Complexo Econômico e Industrial da Saúde (CEIS). São cinco linhas temáticas: biofármacos, farmoquímicos e medicamentos; medicina regenerativa; hemoderivados, reagentes para diagnóstico e vacinas; equipamentos,

materiais e dispositivos médicos; e telessaúde e telemedicina. As três primeiras têm relação direta com atividades biotecnológicas, e a própria Finep destaca o objetivo de "ampliar e consolidar a produção doméstica de biofármacos – como anticorpos monoclonais e proteínas terapêuticas – no sentido de incorporar a rota biotecnológica na base produtiva de saúde no país" (FINEP, 2014). O último edital do Inova Saúde, voltado a biofármacos, farmoquímicos e medicamentos, cujo resultado foi divulgado em fevereiro de 2014, contemplou 21 planos de negócios de empresas (sendo 15 com atividades biotecnológicas) que receberão, no total, R$ 2,8 bilhões. Todas elas receberão crédito; 13 receberão subvenção econômica; 4, financiamento do MS mediante PDP; e 3, bolsas do CNPq.

Outro programa que, nos últimos dois anos, mobilizou pelo menos 20 empresas com atividades biotecnológicas entre as 314 identificadas nesta tese é o PAISS, voltado aos setores sucroenergético e sucroquímico. Essa ação de fomento à inovação integra instrumentos da Finep e do BNDES e, segundo a própria agência, busca "organizar a entrada de pedidos de apoio financeiro no âmbito das duas instituições e permitir uma maior coordenação das ações de fomento e melhor integração dos instrumentos de apoio financeiro disponíveis" (FINEP, 2014). A iniciativa parece buscar dar conta de uma das principais críticas do empresariado da área: a pulverização de programas e as diferentes linhas e portas de entrada para apoio, que aparecem na apresentação das políticas púbicas para a biotecnologia nesta tese e também nas conversas com empresários do setor, sempre enfáticos na crítica à falta de coordenação e de organização das linhas de fomento.

O PAISS tem como linhas temáticas bioetanol de segunda geração e novos produtos de cana-de-açúcar, destacando áreas críticas da biotecnologia, como produção de enzimas, processos de hidrólise de material lignocelulósico oriundo da biomassa da cana-de-açúcar; desenvolvimento de microrganismos e de processos de fermentação de pentoses; integração e escalonamento de processos para produção de etanol celulósico; desenvolvimento de novos produtos a partir da biomassa da cana-de-açúcar por meio de processos biotecnológicos (FINEP, 2014).

Também em parceria com o BNDES, a Finep criou o Inova Agro, que apoia empresas em áreas relacionadas à biotecnologia na agricultura – para além da cultura da cana, já coberta pelo PAISS – e na saúde animal. A linha de projetos de inovação voltados a insumos é bem próxima de atividades biotecnológicas como: melhoramento genético animal e vegetal; produtos fitossanitários para controle de

pragas, doenças e plantas daninhas; fertilizantes; medicamentos e vacinas para saúde animal. Já a linha temática com foco em processamento cobre atividades relacionadas à indústria alimentícia. Juntos, Finep e BNDES planejam colocar à disposição R$ 1 bilhão para operações contratadas em 2013 e 2014, no valor mínimo de R$ 10 milhões por projeto e com prazo de execução de até 60 meses.

A apresentação acima mostra mais uma vez a profusão de programas de apoio à inovação no país e as possibilidades de financiamento para as empresas com atividades biotecnológicas. Vejamos a seguir alguma ações da FAPESP.

5.3.2) PIPE e PITE como estratégia da FAPESP e a biotecnologia

No contexto de C&T brasileiro, é o Estado São Paulo que dispõe da agência de fomento à pesquisa mais robusta do país, a FAPESP. Com um orçamento anual de 1% do total da receita tributária do estado, ela tem papel importante nas políticas de inovação tecnológica e de aproximação dos centros de pesquisa com as empresas.

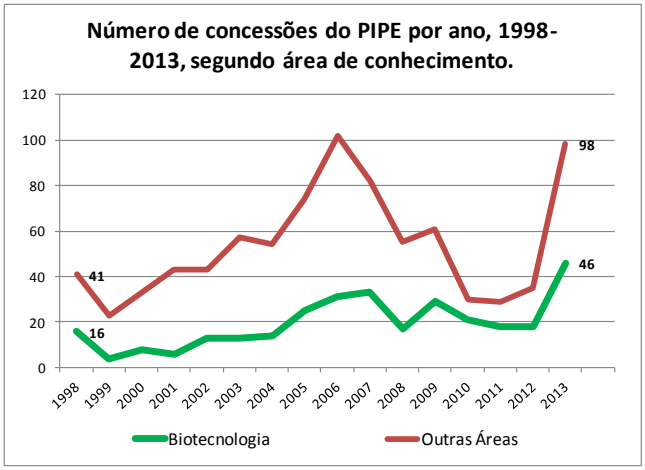
Um de seus programas para P&D nas empresas é o Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (PIPE). Criado em 1997 e inspirado no programa norte-americano Small Business Innovative Research (SBIR), busca apoiar ciência e tecnologia como mecanismo de promoção da inovação em micro e pequenas empresas (até 100 empregados), como o próprio nome diz. Os projetos duram pelo menos dois anos e seu objetivo final é a comercialização dos produtos e processos que resultaram das pesquisas apoiadas. As concessões no total podem variar de R$ 50 mil a R$ 500 mil e os projetos duram pelo menos dois anos. Atualmente são quatro chamadas por ano, com R$ 20 milhões por chamada e concessões de até R$ 1 milhão por empresa.

De janeiro de 1998 a fevereiro de 2014, período coberto pela coleta de dados realizada para esta tese diretamente no banco de dados da Fapesp, foram aprovados 1.208 projetos de auxílio à pesquisa (com um mínimo de 27 em 1999 e um máximo de 144 em 2013)[75]. Ao desagregarmos por grandes áreas de conhecimento[76], verificamos

[75] As informações foram elaboradas a partir de banco de dados fornecido pela própria FAPESP. As dúvidas e detalhamentos sobre algumas concessões foram checados, projeto a projeto, diretamente no site da FAPESP. Não foi possível ter acesso ao valor de cada projeto, por isso consideramos cada um dos 1.208 projetos como uma concessão e fizemos a distribuição desse total no Estado de São Paulo localizando a partir do município sede da empresa beneficiada. Não consideramos no levantamento a concessão de bolsas de pesquisa no país vinculadas ao programa nem auxílios associados (como para reuniões e eventos), que somam 1.919 no período. Ver <http://www.bv.fapesp.br/pt/pesquisa>. Acessado em 10/2/2014.

que metade das 1.208 concessões foi para as engenharias (607). Em seguida estão ciências exatas e da terra (20%), ciências biológicas e da saúde (14%) e ciências agrárias (12%).

Gráfico 15



Fonte: Fapesp. Elaboração própria.

Da mesma forma que fizemos para mensurar o potencial de produção científica em biotecnologia mediante programas de pós-graduação no Capítulo 4, é possível também desagregar os dados sobre o PIPE por áreas de conhecimento do projeto de modo a analisar tanto as áreas contempladas como a localização das concessões. Para tanto, foram selecionadas as concessões do PIPE nas seguintes áreas:

- ✓ Ciências Agrárias: Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia.
- ✓ Ciências Biológicas e da Saúde: Biologia Geral, Biofísica; Bioquímica, Farmácia, Farmacologia; Genética; Imunologia, Microbiologia; Medicina, Ciência/Tecnologia de Alimentos.
- ✓ Engenharias: Engenharia biomédica[77].

Das 1.208 concessões no período analisado, 26,7% (323) foram nessas áreas de conhecimento relacionadas à biotecnologia. Chama atenção o alto número de concessões realizadas para a área de Engenharia biomédica (Tabela 6).

[76] A definição da área de conhecimento foi feita a partir de classificação da própria FAPESP, baseada na nomenclatura internacional de áreas de formação e treinamento, chamada ISCED ("International Standartd Classification of Education"), da Eurostat/UNESCO/OCDE, adaptada no Brasil pelo Inep.

[77] Química e Engenharia Agrícola são áreas em que há poucos projetos de fato relacionados a atividades biotecnológicas, por isso optamos por não incluí-las para não superestimar a análise.

Tabela 6: Distribuição de concessões do PIPE por área de conhecimento, 1998-2014 (até fevereiro)

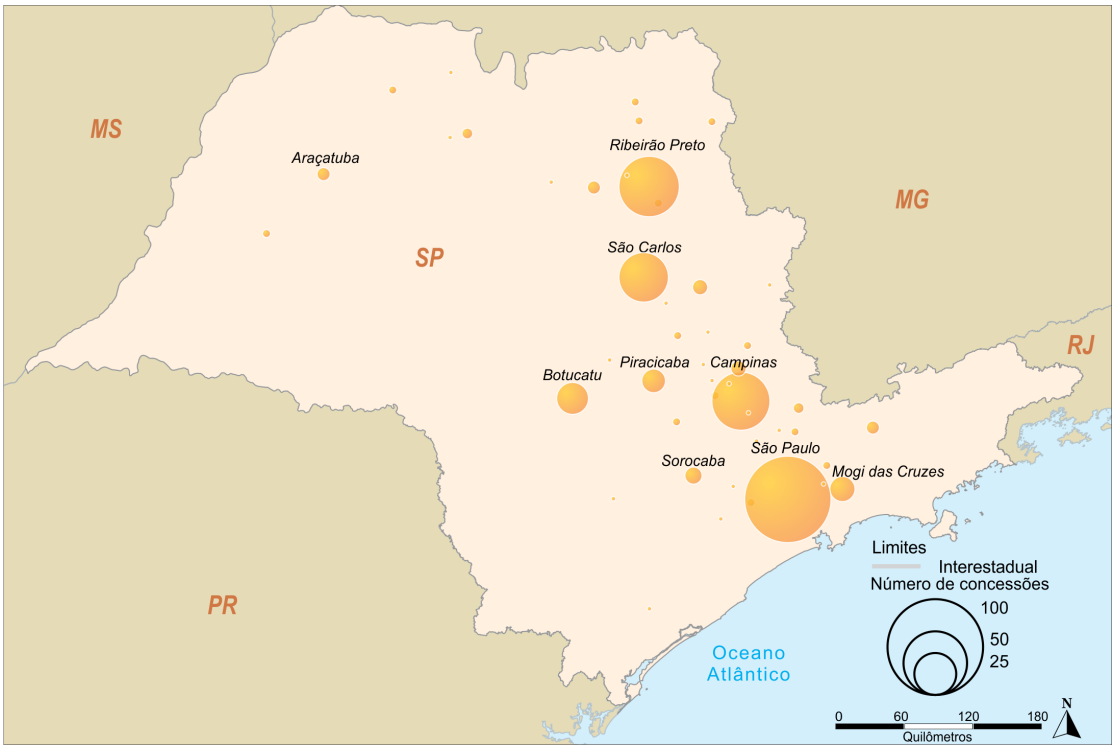
Área de conhecimento	N	% do total áreas biotec	% do total PIPE
Agronomia	37	11,5	3,1
Medicina Veterinária	29	9,0	2,4
Zootecnia	10	3,1	0,8
Biologia Geral, Biofísica	6	1,9	0,5
Bioquímica, Farmácia, Farmacologia	58	18,0	4,8
Genética	25	7,7	2,1
Imunologia e Microbiologia	39	12,1	3,2
Medicina; Ciência/Tecnologia de Alimentos	36	11,1	3,0
Engenharia biomédica	83	25,7	6,9
Total áreas relacionadas a biotecnologia	**323**	**100,0**	**26,7**

Fonte: Fapesp. Elaboração própria.

Em relação à distribuição espacial, apesar de os projetos serem submetidos por empresas, a localização de forma geral se sobrepõe à infraestrutura de ciência e tecnologia paulista, destacada no Capítulo 4, uma vez que as concessões estão concentradas nas cidades de importantes universidades e institutos de pesquisa: São Paulo em primeiro plano, Ribeirão Preto (e Jaboticabal em pequena escala), Campinas e adjacências, São Carlos, além de Botucatu e Piracicaba (Mapa 13). Os municípios citados anteriormente como polos em biotecnologia (São Paulo, Campinas, Ribeirão Preto, Piracicaba e Botucatu), além de São Carlos, concentram 75% dessas concessões do PIPE nas áreas relacionadas à biotecnologia.

Além de analisar o número de concessões da FAPESP para as empresas, é possível observar também pelo lado do setor privado. Ou seja, quantas empresas com atividades biotecnológicas propriamente ditas utilizam esse tipo recurso para inovação? Das 152 empresas com atividades biotecnológicas no Estado de São Paulo analisadas no Capítulo 3, um terço recebeu recursos mediante o PIPE, o que demonstra uma expressiva disseminação do programa na biotecnologia. Vale lembrar que essas são as empresas que existem atualmente, isto é, não estamos contabilizando aquelas que receberam concessões do PIPE ao longo dos últimos quinze anos do programa mas que deixaram de existir.

Mapa 13: PIPE, concessões em áreas de conhecimento relacionadas à biotecnologia, segundo município. Estado de São Paulo, 1998-2014 (até fevereiro)



Fonte: FAPESP. Elaboração própria. Edição: André de Freitas Gonçalves.

Outra importante ação da FAPESP para o desenvolvimento tecnológico nas empresas é o Programa de Apoio à Pesquisa em Parceria para Inovação Tecnológica (PITE), menos numeroso em termos de concessões, porém significativo em termos do montante investido. Criado em 1994, tem como objetivo principal estimular a parceria universidade-empresa e seu fundamento é o financiamento não reembolsável por parte da FAPESP com uma contrapartida de investimento da empresa, de forma que haja um compartilhamento de custos e de riscos. Diferentemente do PIPE, o PITE concentra os projetos em empresas de maior porte, as quais buscam abrir linhas de pesquisa em parceria com instituições de pesquisa públicas.

De 1995 a 2013, foram realizados 203 convênios, com 90 organizações diferentes, entre cooperativas e associações, secretarias de governos, mas principalmente empresas, como: Aché, Biolab, Braile Biomédica, Braskem (6 convênios), Cristália, Dedini, Embraer (9 convênios), ETH Energia (11 convênios) Natura (9 convênios), Ouro Fino, Suzano Papel e Celulose, Oxiteno, Vale (25 convênios, também com Fapemig, além da FAPESP) e Microsoft (7 convênios, única parceria internacional). Do total de convênios, 68% foram feitos com empresas

localizadas na Região Metropolitana de São Paulo e outros 10% em São José dos Campos e em Campinas.

As áreas do conhecimento específico dos projetos estão evidentemente ligadas ao mercado de atuação das empresas que realizam a parceria. Metade dos projetos foi feita em áreas relacionadas à biotecnologia, o que é bastante expressivo (Tabela 7).

Tabela 7: Distribuição de concessões do PITE por área de conhecimento, 1995-2013

Áreas relacionadas a biotecnologia	N	%
Agronomia	11	5,4
Medicina Veterinária	2	1,0
Zootecnia	1	0,5
Botânica	4	2,0
Bioquímica	7	3,4
Farmácia	7	3,4
Farmacologia	4	2,0
Química	18	8,9
Engenharia Química	19	9,4
Engenharia Biomédica	3	1,5
Genética	7	3,4
Imunologia	4	2,0
Microbiologia	5	2,5
Medicina	2	1,0
Saúde Coletiva	1	0,5
Ciência e Tecnologia de Alimentos	7	3,4
Total	**102**	**50,2**

Outras áreas	N	%
Ciência da Computação	9	4,4
Ecologia	6	3,0
Engenharia Aeroespacial	7	3,4
Engenharia Agrícola	4	2,0
Engenharia Civil	3	1,5
Engenharia de Materiais/Metal.	11	5,4
Engenharia de Minas	2	1,0
Engenharia de Pesca	3	1,5
Engenharia de Produção	3	1,5
Engenharia Elétrica	10	4,9
Engenharia Florestal	5	2,5
Engenharia Mecânica	7	3,4
Engenharia Nuclear	1	0,5
Engenharia Sanitária	11	5,4
Física	2	1,0
Fonoaudiologia	1	0,5
Geociências	3	1,5
Matemática	1	0,5
Morfologia	1	0,5
Oceanografia	1	0,5
Odontologia	2	1,0
Zoologia	1	0,5
Economia/Educação	2	1,0
Sem informação	5	2,5
Total	**101**	**49,8**

Fonte: FAPESP. Elaboração própria.

Vale destacar que engenharia química (com 19 convênios) e química (com 18) foram as que tiveram o maior número de projetos (19%, somadas), devido à forte presença de empresas como Petrobras, Vale, Braskem, Rhodia, Natura, Oxiteno e farmacêuticas. Assim como no PIPE, engenharia de materiais e metalurgia, engenharia elétrica e ciência da computação (com 15% dos projetos na soma das três áreas) conformam outro grupo temático a ressaltar. Por fim, a área de engenharia aeroespacial também deve ser lembrada: são 9 convênios, em virtude da forte participação da Embraer e de fornecedores da empresa no programa.

5.3.3) Projetos especiais da FAPESP: Genoma, Bioen e Biota

Esta seção destaca um tipo de apoio público a pesquisa específico na área de biotecnologia e em outras relacionadas que ganhou força no final dos anos 1990 e ao longo dos anos 2000, com ações principalmente da FAPESP em São Paulo. O apoio à pesquisa cresceu de forma geral no Brasil, mas o que desejamos destacar aqui é como áreas de fronteira, neste caso aquelas relacionadas à biotecnologia, foram selecionadas e como havia uma diretriz de estímulo à interação universidade-empresa (já destacada nos programas PIPE e PITE) ou simplesmente uma ideia de desenvolvimento de C&T mais próximo de outros atores (governo e empresas). Ou seja, disseminava-se um tipo de apoio baseado na ideia de "solução de problemas da sociedade" (saúde pública, por exemplo) ou "aplicações em novos produtos" (cultivares melhorados geneticamente), o que poderia ser pensado como um processo de inovação de modo mais sistêmico e menos linear, como tradicionalmente realizado no Brasil.

O primeiro exemplo dessa diretriz é o Programa Genoma, da FAPESP, que teve início em 1997 e permitiu a organização de redes de laboratórios de instituições paulistas (e algumas de fora do estado) trabalhando em pesquisas voltadas ao sequenciamento genético, conectadas via internet.

A partir do estudo de organismos vivos mais simples, como no caso da bactéria *Xylella fastidiosa* (primeiro projeto genoma desenvolvido no país, que completou o sequenciamento genético da bactéria causadora da praga do amarelinho), o programa permitiu: a formação da rede de laboratórios (nesse caso, foram 34, entre USP, Unesp, Unicamp, Instituto Butantã, Instituto Ludwig, Fundecitros); a capacitação de pesquisadores em todos os níveis; e a construção de infraestrutura para sequenciamento e análise de material genético humano e de diferentes organismos de interesse científico.

As redes formadas bem como os resultados variam conforme os projetos do Programa Genoma, que abrangem diferentes áreas temáticas da biotecnologia, como agricultura, bioenergia, saúde humana e animal. Como descrito por Osada e Costa (2008), no Projeto Genoma da Cana, por exemplo, "participaram, além das três universidades públicas paulistas, o Instituto Agronômico de Campinas, o Instituto Biológico, o Instituto Butantan, a Fundação Copersucar, a Empresa Pernambucana da Pesquisa Agrícola, o Laboratório de Luz Síncroton, a Embrapa, algumas universidades privadas do interior do Estado de São Paulo e, o mais interessante,

participaram da rede da cana-de-açúcar pesquisadores de outros estados brasileiros, entre eles Rio de Janeiro, Alagoas, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Bahia, Paraná e Sergipe" – com recursos do governo federal e das FAPs de cada estado (OSADA e COSTA, 2008: 733).

Outros exemplos de projetos no âmbito do Programa Genoma foram: "Xanthomonas", que realizou o sequenciamento comparativo das bactérias *Xanthomonas axonopodis* e *Xanthomonas campestris*, causadoras do cancro cítrico; subprojeto "Genoma Funcional", com o estudo das funções dos genes sequenciados no Genoma Xylella e ênfase nos genes relacionados à patogenicidade da bactéria; "Agronômicos e Ambientais", com sequenciamento de outras variedades de *Xylella*; "Schistosoma", que identificou novos genes do parasita causador da esquistossomose; e a rede do "Genoma Humano do Câncer", com participação importante do Instituto Ludwig de Pesquisas sobre o Câncer. Os resultados mais significativos em termos de impacto no setor privado foram os sequenciamentos que deram origem às empresas Alellyx e Canavialis.

Na área de bioenergia, a FAPESP criou em 2008 o Programa BIOEN, com o objetivo de estimular P&D principalmente em etanol, articulando laboratórios de instituições de pesquisa do Estado de São Paulo e o setor privado para compartilhamento de infraestrutura, desenvolvimento conjunto e parcerias em recursos humanos. Segundo a FAPESP, o projeto está estruturado em cinco divisões: biomassa para bioenergia (com foco em cana-de-açúcar, incluindo melhoramento genético); processo de fabricação de biocombustíveis (principalmente aumento de produtividade e pesquisa em etanol celulósico); biorrefinarias e alcoolquímica; aplicações do etanol para motores automotivos (combustão interna e células-combustível); e impactos socioeconômicos, ambientais, e uso da terra (FAPESP, 2014b).

Utilizando o instrumento do PITE, no âmbito do Bioen a FAPESP lançou três chamadas para apoiar projetos de pesquisa científica e tecnológica em parceria com empresas: Dedini, Oxiteno e Braskem. As duas primeiras com projetos na área de etanol de segunda geração e a terceira com pesquisa em biopolímeros. Até 2010, seis universidades (sendo diversos departamentos e unidades) e cinco institutos de pesquisa estiveram envolvidos em 47 projetos no âmbito do Bioen, sendo 41 deles na área de etanol celulósico (JOÃO, PORTO e GALINA, 2012: 118).

Já o Programa de Pesquisas em Caracterização, Conservação, Recuperação e Uso Sustentável da Biodiversidade do Estado de São Paulo, mais conhecido como Biota, lançado em 1999, não tem o caráter de P&D em atividades biotecnológicas como os mencionados anteriormente, mas tem uma importância grande no que diz respeito a organização de informação sobre a biodiversidade (fauna, flora e microrganismos) no Estado de São Paulo, que, por sua vez, serve de base para futuras pesquisas em biotecnologia.

Segundo a FAPESP, o Biota "envolve cerca de 1.200 profissionais (900 pesquisadores e estudantes de São Paulo, 150 colaboradores de outros estados brasileiros e 80 do exterior)". Até 2008, foram "84 projetos de pesquisa que resultaram na identificação e descrição de 500 novas espécies de plantas e animais, formação de 180 mestres e 60 doutores, registro de informações sobre mais de 12 mil espécies e bancos de dados com o conteúdo de 35 coleções biológicas. Um esforço que pode ser traduzido na publicação de 700 artigos em periódicos científicos, 20 livros e dois atlas" (FAPESP, 2014c).

Mais recentemente, em 2013, a FAPESP lançou um novo formato de apoio à pesquisa em parceria com empresas, com o objetivo de financiar pesquisas de longo prazo. O modelo é similar ao chamado Cepid (Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão), em que há uma instituição sede beneficiada, e combina a experiência de divisão de riscos e investimento com empresas já testada no PITE.

Um deles é o Centro de Pesquisa Aplicada em Bem-Estar e Comportamento Humano, cuja chamada foi publicada no final de 2013, com vista a ser implementado em 2014, junto com a Natura. A FAPESP e a empresa irão investir R$ 1 milhão cada uma durante dez anos. Chama atenção que um dos objetivos já destacado no edital é o desenvolvimento de "pesquisa de classe internacional na fronteira do conhecimento, fundamental ou orientada para aplicações, em ambos os casos buscando explorar ativamente as oportunidades de contribuir para a inovação, com impacto social" (FAPESP, 2014a). São termos que não eram comuns nas ações voltadas a pesquisa e inovação há cerca de uma década no Brasil. O outro é a "transferência de conhecimento à empresa e à sociedade, incluindo-se o setor empresarial e/ou setor não governamental e/ou setor público" (FAPESP, 2014a), o qual abarca a ideia de "formação de pequenas empresas que incorporem resultados de pesquisas desenvolvidas pelo Centro a seus produtos ou serviços" (FAPESP, 2014a) e a utilização de outros instrumentos da FAPESP, como o PIPE e o PITE. A ideia é criar

uma equipe mista, composta por pesquisadores da instituição sede ou selecionados por ela e também da empresa parceira – nesse caso a Natura.

Outros três centros de pesquisa e engenharia no mesmo formato estão sendo formados com outras empresas: a montadora Peugeot-Citroen Brasil, em motores a biocombustíveis; a multinacional farmacêutica Glaxo Smith Kline (GSK), em química sustentável; e os britânicos do BG Group, em gás natural.

Por fim, cabe destacar mais um conjunto de investimentos públicos recentes em biotecnologia. O Parque Científico e Tecnológico da Unicamp contempla três unidades diretamente relacionadas à biotecnologia. Uma é a "Unidade Mista Embrapa Unicamp de Pesquisa Genômica Aplicada a Mudanças Climáticas", com recursos por volta de R$ 50 milhões das duas instituições, onde os pesquisadores terão como foco principal a busca por variedades agrícolas mais tolerantes ao aquecimento global. Outre é o Laboratório de Inovação de Biocombustíveis (LIB), cuja construção é financiada pela Finep e que terá pesquisadores nas áreas de etanol, biodiesel e bioquerosene. E, por fim, o Laboratório Central de Tecnologias de Alto Desempenho (LaCTAD), que reúne equipamentos para pesquisas em genômica, proteômica, bioinformática e biologia celular e está aberto para utilização por pesquisadores de outras instituições (MARQUES, 2013).

***

Essa extensa descrição de programas públicos voltados P&D e inovação em biotecnologia e áreas relacionadas teve como objetivo tornar evidente a profusão de ações públicas nesse campo. O Estado brasileiro vem atuando há quase três décadas na construção de políticas para biotecnologia. E, nos últimos dez anos, é possível dizer que tal ativismo foi ainda mais fortalecido. Cabe indagar se tal forma de atuação parece adequada em termos de foco temático do apoio, previsibilidade, recorrência e formato do instrumento utilizado.

Em relação a prioridades setoriais, como os temas de editais, há controvérsias sobre se são mais adequados os programas mais genéricos, cujo escopo abrange diversas áreas em biotecnologia, ou aqueles programas específicos. No primeiro caso, mais áreas podem ser beneficiadas e as empresas não precisam fazer malabarismos explicativos para justificar a solicitação de recursos. Por outro lado, a agência que

concede o apoio pode ter mais dificuldade de alocação eficiente dos recursos em áreas prioritárias.

Alguns empresários, avaliando programas anteriores à leva de ações recentes da Finep, apresentam críticas a aspectos como: falta de coordenação dessas ações, pois são muitos programas, muitas agências e há pulverização de recursos; e ausência de previsibilidade de recursos e de financiamentos de longo prazo, que é uma dificuldade grande em se tratando de investimentos de alto risco.

Por fim, quais os melhores instrumentos públicos para financiar as empresas com atividades biotecnológicas: crédito, apoio não reembolsável, fundos de investimento? Seria adequado, por exemplo, separar entre *early venture, seed money* e crédito para empresa consolidada?

Nesse tema, a exigência de garantia para crédito é um problema significativo. No caso da Finep, por exemplo, o crédito é vantajoso, pois os juros são baixos e o recurso pode chegar mais rápido para a empresa do que no caso de editais de subvenção. Mas é difícil para as pequenas empresas pela exigência de garantias. Um fundo de aval para o pequeno empresário dar as garantias ao financiador poderia ser uma alternativa. Já a subvenção só ocorre por editais e, no caso da Finep, não teve nos últimos anos frequência e previsibilidade nas chamadas. Além disso, o recurso pode demorar a chegar à empresa, o que inviabiliza planos de negócios apresentados no momento da chamada, por exemplo, por alteração no orçamento de fornecedores e equipamentos, ou mesmo desmobilização de equipe.

Ficam, então, questões para discussão na conclusão desta tese e outras para novas pesquisas sobre como estimular mecanismos de investimento em biotecnologia. Vejamos a seguir como a estrutura regulatória, componente importante da esfera do Estado, impacta o desenvolvimento da biotecnologia no Brasil.

5.4) Regulação e propriedade intelectual: o impacto na biotecnologia no Brasil

O aperfeiçoamento do marco regulatório que envolve propriedade intelectual, biodiversidade, biossegurança e questões sanitárias é central para o desenvolvimento da biotecnologia em qualquer parte do mundo. No Brasil, o tema aparece não só em diversos documentos de políticas e programas de governos, como no discurso dos atores envolvidos no setor, principalmente os empresários. A possibilidade de acesso ao patrimônio genético brasileiro, a necessidade de segurança jurídica e

previsibilidade sobre os processos, por exemplo, em licenciamentos de novos produtos, bem como a garantia da defesa da propriedade intelectual são questões essenciais na decisão de investimento do setor privado, uma vez que se trabalha diretamente com novos produtos e processos, muitos deles baseados em ciência, na fronteira do conhecimento e de alto risco.

A estrutura regulatória que envolve a biotecnologia no Brasil é complexa. São diversas leis e distintos atores que regulam processos nas diferentes áreas da biotecnologia, como agricultura, saúde, energia e meio ambiente. O Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) é responsável pela garantia de direitos de propriedade intelectual para a indústria. Já o Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC), ligado ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), responde pela propriedade intelectual de variedades vegetais. A Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) e o Conselho Nacional de Biossegurança (CNBS) tratam diretamente de normas de segurança, aprovação e fiscalização de organismos geneticamente modificados (OGMs). O Conselho de Gestão do Patrimônio Genético (Cgen), ligado ao Ministério do Meio Ambiente (MMA), cuida do acesso à biodiversidade e ao patrimônio genético brasileiros. Na saúde, é central a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), que regula os produtos relacionados à saúde humana, bem como é a autoridade sobre testes clínicos no país. A Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (Conep), ligada ao Conselho Nacional de Saúde, tem atribuição consultiva referente ao exame dos protocolos e aspectos éticos das pesquisas que envolvem seres humanos.

Esse conjunto de atores influencia diretamente a biotecnologia como atividade econômica no Brasil, desde a autorização para pesquisa (no caso do patrimônio genético) até a segurança para investimentos (por liberar produtos para comercialização ou conceder direitos de propriedade intelectual).

Em diálogo com o argumento da interdependência entre diversos atores para o desenvolvimento da biotecnologia apresentado ao longo desta tese, o recente livro organizado por Zucoloto e Freitas (2013) ajuda a entender o emaranhado de atores e regulações que envolvem a biotecnologia no Brasil. Nas palavras dos autores: "O marco regulatório em biotecnologias no Brasil é relativamente complexo, especialmente no que se refere às relações entre pesquisa e patenteamento envolvendo uso da biodiversidade. Em termos práticos, isto envolve a participação de muitos agentes governamentais, diversas etapas de interveniência, e diferentes interpretações

possíveis nos distintos estágios do processo, seja de acesso ao patrimônio genético, do patenteamento, ou da realização de P&D das biotecnologias" (ZUCOLOTO e FREITAS, 2013: 180)[78].

Vejamos brevemente a seguir alguns aspectos dessa complexidade regulatória e como eles podem impactar o desenvolvimento da atividade econômica da biotecnologia.

5.4.1) Propriedade intelectual e patentes em biotecnologia

O Acordo sobre Aspectos de Direitos de Propriedade Intelectual Relacionados ao Comércio (Trade Related Aspects of Intellectual Property), o chamado TRIPS, marca a construção de um sistema de propriedade intelectual internacional que tem como principal efeito a criação de legislações nacionais pelos países signatários com base nos princípios gerais acordados.

No caso brasileiro, a adesão ao acordo TRIPS levou a uma nova Lei de Propriedade Industrial (nº 9.279) em 1996, a qual passou a incluir atividades de áreas relacionadas à biotecnologia que antes estavam excluídas da proteção patentária, como química, farmacêutica, alimentos e a própria biotecnologia (VIEIRA et al., 2010). Além disso, em 1997, o Brasil introduz a Lei de Proteção de Cultivares (nº 9.456), que protege a propriedade intelectual de variedades vegetais, conforme veremos na Seção 5.4.2, a seguir.

A proteção de propriedade intelectual é um instrumento que regula parte importante das estruturas de mercado, principalmente de atividades mais intensivas e conhecimento e tecnologia, permitindo salvaguardas aos que investem em pesquisa para inovação em termos de retornos econômicos e redução de riscos[79]. Nesse sentido, os maiores defensores de um arcabouço regulatório consistente e capaz de proteger esse ativo são aqueles países cujas empresas são importantes *players* mundiais no que

[78] Os autores destacam também que tal complexidade é alimentada pelo fato de o Brasil ser "signatário de acordos internacionais não necessariamente alinhados entre si", tais como: o Acordo sobre Aspectos de Direitos de Propriedade Intelectual Relacionados ao Comércio (Trade Related Aspects of Intellectual Property – TRIPS); Convenção Internacional para a Proteção de Novas Variedades de Plantas (Union Internacionale pour la Protection des Obtentions Végétales – UPOV); e Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB). Para mais detalhes sobre cada um dos regimes, ver SOUZA, 2013.

[79] Há um contraponto bastante interessante, mas que não cabe alongar nesta pesquisa, desenvolvido por autores como Heller (2008), sobre como a profusão de patentes pode, na verdade, travar o desenvolvimento tecnológico ao limitar o acesso dos atores aos avanços no conhecimento desenvolvido por outros em razão de muita proteção de propriedade intelectual.

se refere à exportação de tecnologia, como é o caso dos setores farmacêutico e agrícola.

No primeiro caso, além dos medicamentos baseados em síntese química, nos últimos anos os conflitos de interesse têm se acirrado internacionalmente devido principalmente ao crescimento da importância dos medicamentos e terapias baseados em atividades biotecnológicas. No caso da agricultura, os conflitos de interesse no que diz respeito a OGMs e transgênicos já ocorrem desde os anos 1990, como no exemplo da variedade de soja desenvolvida pela Monsanto.

Os conflitos de interesse dos diferentes atores do setor são alimentados ainda por controvérsias importantes no que diz respeito ao entendimento do que pode ser passível de proteção de propriedade intelectual em biotecnologia.

No Brasil, segundo a LPI em seu artigo oitavo: "É patenteável a invenção que atenda aos requisitos de novidade, atividade inventiva e aplicação industrial" (BRASIL, 1996). Para a proteção mediante patentes na biotecnologia, portanto, é necessário satisfazer os três critérios. Além disso, a mesma lei determina que não são patenteáveis "o todo ou parte dos seres vivos, exceto os microrganismos transgênicos que atendam aos três requisitos de patenteabilidade – novidade, atividade inventiva e aplicação industrial – previstos no art. 8º e que não sejam mera descoberta" (BRASIL, 1996).

Segundo Vieira et al. (2010), a interpretação dos três critérios não é universal e muitas vezes há fortes divergências. Isso ocorre por causa do caráter biológico das tecnologias e da "apropriação de ativos baseado na vida", que leva a questões não só jurídicas e regulatórias, mas também éticas (VIEIRA et al., 2010: 331). Cabe destacar que essa dificuldade de lidar com "ativos baseados na vida" não está presente apenas no Brasil, mas também em diversos países[80].

Dada a própria complexidade do tema, e não apenas dos arranjos institucionais e relacionais que suscita, vale recorrer à explicação nas palavras de Zucoloto e Freitas (2013) para explicitar três dificuldades em patentes na biotecnologia: "A primeira dificuldade reside na diferenciação entre uma descoberta e uma invenção. Em determinada linha argumentativa, as pesquisas biológicas e da engenharia genética

[80] Há inúmeros casos de disputa de propriedade intelectual por causa disso. Recentemente, a Suprema Corte dos EUA definiu que genes humanos não podem ser patenteados, o que resultou na queda das patentes defendidas pela Myriad Genetics dos genes BRCA1 e BRCA2, relacionados ao aumento do risco de câncer de mama e ovário (LIPTAK, 2013).

geram descobertas, e não invenções, já que atuam na recombinação de materiais genéticos preexistentes ou no isolamento de substâncias que ocorrem na natureza e, deste modo, não atenderiam aos critérios de patenteabilidade. Uma segunda dificuldade relaciona-se ao requisito da plena descrição do objeto da patente, em particular quando se trata da descrição de todo ou parte de um ser vivo, comprometendo a possibilidade de reprodução do 'invento'. (...) Por fim, um terceiro aspecto problemático refere-se ao requisito de aplicação industrial. O escopo e a delimitação do objeto da patente são também um ponto controverso, por exemplo, quanto à definição de que partes da estrutura física do gene devem ser patenteadas e sobre qual a abrangência da patente concedida, dado que um mesmo processo biotecnológico pode gerar diferentes produtos, os quais podem ser, por sua vez, incorporados em tantos outros produtos" (ZUCOLOTO e FREITAS, 2013)[81].

O descasamento entre definições técnicas de atividades biotecnológicas e aquelas presentes na legislação de patentes torna-se mais complexo pelas dificuldades estruturais do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), responsável pela garantia de direitos de propriedade intelectual para a indústria. Ou seja, além do problema geral sobre o que pode ou não ser patenteado em áreas relacionadas à biotecnologia, o Brasil vive uma dificuldade anterior, que seria dar conta do próprio processo de patenteamento. O INPI, uma autarquia federal criada em 1970 e atualmente vinculada ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), tem problemas sérios na concessão de patentes no Brasil. Na última década a instituição vem tentando diminuir o chamado "backlog", que atualmente estaria em torno de dez anos em média. Mas problemas como a falta de recursos humanos qualificados para dar conta dos inúmeros (e crescentes) processos altamente específicos geram preocupação não só no INPI com em todos os atores envolvidos em biotecnologia[82].

Isso se reflete nos dados sobre patentes das 314 empresas com atividades biotecnológicas analisadas nesta tese. Em relação às empresas localizadas em São Paulo, 48% têm patentes depositadas no INPI, mas apenas 16% já obtiveram concessões no escritório brasileiro, o que sugere uma proporção significativa de

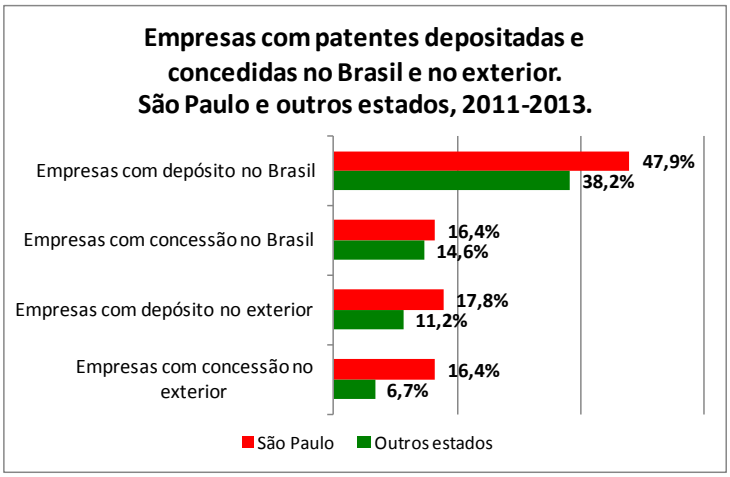
[81] Para uma discussão mais detalhada sobre a polêmica "descoberta versus invenção" e o patenteamento de organismos vivos, ver ZUCOLOTO e FREITAS, 2013; VIEIRA et al., 2010; VARELLA, 2005.

[82] Os próprios funcionários do INPI têm tornado pública a situação difícil da instituição. Ver CARNEIRO, 2013.

empresas que pode ainda estar aguardando a resposta do órgão. Situação similar ocorre com as empresas de outros estados.

No que diz respeito aos depósitos em escritórios do exterior, proporcionalmente, essa situação é melhor para as empresas de São Paulo, uma vez que 18% têm patentes depositadas no USPTO, no EPO ou no PCT e 16% já têm concessões. Chama atenção o baixo percentual de empresas com atividades biotecnológicas de outros estados brasileiros com depósitos e com concessões de patentes no exterior (próximo de 10%). Há, portanto, uma diferença razoável entre as empresas que têm patentes depositadas ou concedidas, e há diferença ainda maior entre aquelas que têm patentes no Brasil ou no exterior (Gráfico 16).

Gráfico 16



Fontes: Pesquisa própria (2013) e Cebrap (2011). 162 empresas com informação (52%).

É necessário ressaltar que as empresas com atividades biotecnológicas são em sua maioria empreendimentos jovens (66% foram fundadas nos anos 2000) e também considerar que o tempo estimado entre depósito e concessão de patentes pode chegar a doze anos em algumas áreas.

Por tudo isso, de forma geral, a situação, por um lado, pode não ser tão crítica no que se refere ao esforço inovativo das empresas. Ao considerarmos patentes depositadas ou concedidas, seja no Brasil, seja no exterior, observamos que metade das empresas com atividades biotecnológicas de São Paulo afirmam ter patentes. Para os outros estados do país, o percentual é um pouco menor, de 38%. De qualquer forma, são percentuais altos se comparados a outras atividades da economia brasileira,

mesmo porque se trata de atividade de alta intensidade tecnológica e com base em ciência.

Por outro lado, se, percentualmente, as empresas que patenteiam não são poucas em comparação com outros setores da economia, em termos de volume de patentes o problema da baixa capacidade de registro de propriedade intelectual permanece, uma vez que são as instituições de pesquisa que detêm o maior número de patentes nas áreas relacionadas à biotecnologia no Brasil[83].

5.4.2) Biossegurança, agricultura e regulamentações complementares

Em paralelo ao sistema de patentes da Lei de Propriedade Industrial que vimos acima, o Brasil criou em 1997 a Lei de Proteção de Cultivares (nº 9.456). Trata-se de um sistema *sui generis* de proteção à propriedade intelectual, específico para a agricultura. A ideia geral é resguardar financeiramente os investimentos em melhoramento genético de variedades vegetais realizados por empresas, instituições de pesquisa e produtores (os chamados "melhoristas", conforme texto da lei).

Para efeitos da lei, cultivar é uma "variedade de qualquer gênero ou espécie vegetal superior que seja claramente distinguível de outros cultivares conhecidas por margem mínima de descritores [característica herdada geneticamente que identifica o cultivar], por sua denominação própria, que seja homogênea e estável quanto aos descritores através de gerações sucessivas e seja de espécie passível de uso pelo complexo agroflorestal, descrita em publicação especializada disponível e acessível ao público, bem como a linhagem componente de híbridos" (BRASIL, 1997).

De acordo com a lei, a competência pela proteção desses cultivares no país é do Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC), ligado Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa). Para tanto, em seu artigo nono, a lei é bastante clara em relação à proteção, que pode durar 15 anos para grãos (como oleaginosas e cereais) e 18 anos para videiras, árvores frutíferas e ornamentais antes de entrar em domínio público: "assegura a seu titular o direito à reprodução comercial no território brasileiro, ficando vedados a terceiros, durante o prazo de proteção, a

[83] Vale lembrar que a participação do Brasil no total de patentes em biotecnologia no mundo é muito baixa – não chega a 0,5%. O país está na 24ª posição, atrás de vários países desenvolvidos e emergentes.

produção com fins comerciais, o oferecimento à venda ou a comercialização, do material de propagação da cultivar, sem sua autorização" (BRASIL, 1997).

No Brasil, tanto a LPI como a LPC são importantes para a segurança jurídica das cadeias de agricultura e alimentos, áreas em que o país tem alcançado desenvolvimento tecnológico significativo nas últimas décadas, com impactos diretos na produtividade e na capacidade de produção tanto para o mercado interno como para exportação. Como exemplificam Vieira et al., as pesquisas em melhoramento genético levaram a avanços como: "sementes resistentes a pragas ou a defensivos químicos; sementes com resistência a pragas e doenças; produtos com resistência ao transporte e estocagem (maior durabilidade no mercado); produtos com atributos nutricionais (alimentos saudáveis); e produtos com maior qualidade (aparência, cor, tamanho)" (VIEIRA et al., 2010: 328).

De forma geral, o crescimento no número de cultivares protegidos é constante nos últimos quinze anos. Segundo Vieira Filho e Vieira (2013), a partir de dados do Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC), em 1998, um ano após a promulgação da LPC, eram 51 cultivares protegidos. Em 2012, já eram 1.708, incluindo transgênicos e convencionais, protegidos por meio de patentes e/ou registros no SNPC (VIEIRA FILHO e VIEIRA, 2013).

A LPC criou mecanismos que incentivaram o investimento do setor privado no desenvolvimento de cultivares, como a possibilidade de cobrança de *royalties* pelo uso de sementes e taxas tecnológicas de produtores de sementes nacionais – um sinal é o aumento no número cultivares protegidas de empresas multinacionais, como Monsanto, Ricetec, Bayer, Basf e Cirad. A participação privada se concentra nos mercados de transgênicos, com destaque para soja em empresas como Dupont do Brasil, FT Sementes, COODETEC e Monsoy (VIEIRA e BUAINAIN, 2011; VIEIRA FILHO e VIEIRA, 2013). Por outro lado, esse investimento na pesquisa agrícola é comum no setor público há décadas, com instituições de pesquisa estaduais e principalmente com a Embrapa. Isso se revela nos dados sobre proteção de cultivares. Em 2012, a instituição era a maior detentora de cultivares protegidas: 415 (ou 24,3% do total), sendo 158 em soja. Na cultura de milho, por exemplo, a Embrapa tem 86% dos registros de cultivares no SNPC. Outras instituições públicas além da Embrapa respondem ainda pelos registros de proteção de cultivares de cana-de-açúcar e café (VIEIRA FILHO e VIEIRA, 2013).

Apesar dos avanços apontados, seria interessante harmonizar os procedimentos de operacionalização da Lei de Proteção de Cultivares e da Lei de Propriedade Industrial em alguns casos, conforme argumentam Zucoloto e Freitas (2013). Há controvérsias entre empresários, pesquisadores e especialistas em propriedade intelectual em biotecnologia, por exemplo, em pedidos de patentes de organismos geneticamente modificados. Isso poderia fornecer maior clareza para os usuários dos dois sistemas no Brasil e também minimizar conflitos legais e políticos, que permeiam a utilização das lacunas das leis de acordo com os diferentes interesses dos atores, como no caso de plantas transgênicas e da competição entre multinacionais de sementes, instituições de pesquisa públicas e produtores (VIEIRA et al., 2010). Isso "demanda refinada articulação entre os órgãos responsáveis pela execução das respectivas rotinas de análise e concessão" (ZUCOLOTO e FREITAS, 2013: 180)[84].

Além da propriedade intelectual, há outros aspectos regulatórios importantes em termos de biossegurança que envolvem a área de agricultura. A chamada Lei de Biossegurança (11.105), de 2005, disciplina a produção e o uso de organismos geneticamente modificados (OGMs) e seus derivados, sendo que, para os efeitos da lei, em seu artigo terceiro, são considerados "organismo geneticamente modificado (OGM): organismo cujo material genético – ácido desoxirribonucleico/ácido ribonucleico tenha sido modificado por qualquer técnica de engenharia genética" e "derivado de OGM: produto obtido de OGM e que não possua capacidade autônoma de replicação ou que não contenha forma viável de OGM" (BRASIL, 2005).

Tal lei criou o Conselho Nacional de Bioessegurança (CNBS) e reestruturou a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio). Essa última, composta por cientistas, membros do governo e da sociedade civil, é o colegiado responsável pelos pareceres técnicos referentes a OGMs e derivados. Junto com o CNBS, composto por onze ministros de Estado e que decide em última instância sobre pedidos de liberação para uso comercial dos OGMs, deve zelar pela Política Nacional de Biossegurança.

No debate público nessa área de bioessegurança, especialmente no que diz respeito às decisões sobre OGMs, há um conflito explícito entre diferentes atores do

[84] Segundo Vieira et al., "em relação mais especificamente à proteção da propriedade intelectual de transgênicos, pode-se afirmar que a legislação brasileira, interpretada com rigor e consistência, somente permite a proteção prevista na Lei de Proteção de Cultivares, uma vez que a Lei de Propriedade Industrial proíbe o patenteamento do todo ou parte de seres vivos, incluindo-se aí as sequências genéticas e plantas. Os requisitos para proteção de cultivares transgênicas junto ao SNPC são, portanto, os mesmos para cultivares melhoradas tradicionalmente (a diferença está em questões de biossegurança, não de proteção intelectual)" (VIEIRA et al., 2010: 348).

setor. Nas discussões dos casos na CTNBio, por exemplo, é público os posicionamentos de Ministério do Meio Ambiente (MMA) e do Ministério de Desenvolvimento Agrário (MDA), de um lado, e do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), de outro. A consequência é evidentemente um embate constante (e por vezes paralisante) nos momentos de decisão.

5.4.3) Biodiversidade e o Conselho de Gestão do Patrimônio Genético (CGEN)

O Brasil subutiliza sua biodiversidade no que se refere ao desenvolvimento de inovações em biotecnologia. A diversidade biológica e genética dos diferentes biomas brasileiros, como Amazônia, Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica, Pantanal e Pampa, poderia ser insumo básico para novos medicamentos, processos produtivos de alimentos, novas espécies de plantas e alternativas de energia (essa mais bem utilizada). Nesse sentido, a biodiversidade no Brasil poderia ser vista, assim como já acontece em outras partes do mundo, como fator de produção, uma importante variável nos debates econômicos e científicos, algo que precisa ser pensado na chave da utilização sustentável dos recursos. Ou seja, nem na linha da utilização predatória e ilegal nem na defesa conservadora e estática de manutenção do *status quo* – que muitas vezes acaba justamente por auxiliar a atuação ilegal, por não haver regulação razoável e factível.

Segundo estimativas, 15% dos, aproximadamente, 2 milhões de espécies catalogadas podem estar no território brasileiro. Além disso, 70% das plantas que existem no mundo podem ser encontradas no país. Considerando que metade das cem drogas mais vendidas tem como base compostos naturais, um terço dos medicamentos têm princípios ativos provindos da natureza e somente 5% da flora mundial foi analisada para avaliar seu potencial farmacológico, a biodiversidade brasileira é realmente uma reserva de possibilidades para novos produtos (IPEA, 2007).

Além da complexidade do tema em si, no Brasil os processos para o acesso à biodiversidade tornaram a pesquisa e a inovação ainda mais difíceis. Como explicam Zucoloto e Freitas (2013), apesar de o Brasil fazer parte da Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB) desde 1994 e ter ratificado esse tratado da Organização das Nações Unidas (ONU) sobre biodiversidade, apenas em 2001 ficou definido via Medida Provisória (nº 2.186-16) o que é patrimônio genético e as diretrizes para o

acesso a ele no país. Tal MP criou o Conselho de Gestão do Patrimônio Genético (CGEN) e regulamentou o acesso e a utilização do patrimônio genético e ao conhecimento tradicional associado para pesquisa científica, bioprospecção e desenvolvimento tecnológico. Para as pesquisas "sem fins econômicos", mas sim acadêmicos, as autorizações podem ser dadas, dependendo da pesquisa, pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e pelo CNPq, ou pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), quando há coleta, e pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), quando há conhecimento tradicional associado (ZUCOLOTO e FREITAS, 2013). Já para a pesquisa que envolve potencial econômico é necessária autorização do CGEN.

A primeira dificuldade é avaliar que uma pesquisa possa ser classificada como sendo "sem fins econômicos", já que isso muitas vezes é definido em campo, ou mesmo em laboratório após o campo, porque descobertas e inovações podem surgir de usos não esperados ou de processos que são levados a cabo *a posteriori*.

Uma vez que um projeto seja classificado como com fins econômicos, outro problema é estimar os benefícios que podem ser gerados daquela pesquisa ou desenvolvimento tecnológico. E, mesmo sendo possível tal estimativa, um terceiro problema pode surgir: a impossibilidade de identificar o proprietário da terra ou a origem geográfica do recurso genético, já que empresas e pesquisadores podem pegar amostras do patrimônio genético fora do ambiente em que a espécie foi desenvolvida naturalmente, como em uma loja de plantas ou um mercado (ZUCOLOTO e FREITAS, 2013; SBPC, 2013a). O problema é que isso é absolutamente necessário para o contrato de repartição dos benefícios resultantes da pesquisa, que, por sua vez, é a condição para a autorização de acesso. Ou seja, a MP de 2001 exige a assinatura do chamado "Contrato de Utilização do Patrimônio Genético e de Repartição de Benefícios" (CURB) para pesquisa tecnológica e bioprospecção com alguma perspectiva de uso comercial, mas em muitos casos não é possível ter tal informação. É mediante o CURB que ficam definidos o objeto e as condições de acesso e de remessa de componente do patrimônio genético e de conhecimento tradicional associado, além das condições para a repartição equitativa dos benefícios entre os proprietários da terra e do conhecimento, por meio de distribuição de royalties, repartição de lucros ou concessão de dividendos.

Nesse ponto está um dos grandes problemas do processo. As dificuldades enfrentadas, por exemplo, pela empresa Extracta ilustram o que passam diversos pesquisadores e outras firmas. De acordo com a empresa, "70% das propriedades de Mata Atlântica e 95% dos terrenos na Amazônia não têm propriedade documental estabelecida" (IPEA, 2007). Como a autorização para bioprospecção no Brasil só é concedida pelo CGEN mediante contrato de repartição de benefícios com o proprietário, o qual, por sua vez, precisa de alguma comprovação de propriedade, o processo pode se tornar inviável. Esse formato regulatório obriga, portanto, a que toda a cadeia seja regularizada (um problema que vai além da pesquisa em biotecnologia e passa por propriedade de terra e conhecimento tradicional) para que uma autorização de acesso à pesquisa em biodiversidade aconteça.

Isso pode ter reflexo também na concessão de propriedade intelectual, já que uma resolução de 2006 do CGEN obriga o requerente a declarar se o objeto do pedido de patente ao INPI decorre de patrimônio genético. Isto é, vai sendo gerada uma cadeia de dificuldades que torna o processo de inovação com base na biodiversidade bastante complexo.

O gargalo da autorização do CGEN prévia ao acesso é central no processo de pesquisa na biodiversidade brasileira tanto para a academia como para o setor privado de fármacos, de cosméticos e do agronegócio. No sentido de mitigar tal problema, há duas iniciativas em prática. A primeira diz respeito a uma norma de 2011 do Ministério do Meio Ambiente (MMA) que permite a regularização dos casos em que o pedido de autorização foi feito depois do acesso. Isso permitiu uma solução para um grande número de casos em que houve acesso a recursos da biodiversidade sem autorização prévia (entre eles dois pedidos da Natura). Além disso, possibilitou desafogar uma razoável quantidade de processos acumulados no CGEN (ZUCOLOTO e FREITAS, 2013).

A outra iniciativa é o projeto de lei (PLS 133/2013) que busca simplificar o acesso ao patrimônio genético brasileiro, alterando a MP de 2001 citada anteriormente. Aprovado em outubro de 2013 na Comissão de Ciência, Tecnologia, Inovação, Comunicação e Informática (CCT) do Senado e encaminhado para a Comissão de Constituição, Justiça e Cidadania (CCJ), apresenta como alteração principal o momento em que o contrato é assinado. Segundo a proposta do PL, a assinatura ocorreria somente quando as atividades de desenvolvimento tecnológico ou bioprospecção resultarem de fato em novo produto ou processo comercializável

(SENADO, 2013). Isso significa que a autorização para a pesquisa não dependeria mais desse contrato, o que tornaria o processo para o acesso a biodiversidade mais ágil.

O controle seria feito a partir de um cadastro preenchido pelo próprio pesquisador. Apenas se a pesquisa redundasse em um produto a ser comercializado seria necessária a autorização do CGEN, de modo a garantir a repartição de benefícios. O objetivo é destravar o processo com a dispensa da exigência da autorização prévia e a postergação do contrato de repartição se houver necessidade (SENADO, 2013; SBPC, 2013b).

5.4.4) Saúde e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa)

Na área de biotecnologia em saúde humana, além da proteção de propriedade intelectual tratada na Lei de Propriedade Industrial, outro conjunto de aspectos regulatórios importantes diz respeito à atuação da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). Criada em 1999, é uma autarquia federal que atua na regulação de produtos e serviços relacionados à saúde da população no Brasil, desde o registro até o consumo. Nesse sentido, todos os medicamentos, drogas, insumos farmacêuticos e correlatos, cosméticos e outros produtos ligados à saúde estão sujeitos à vigilância sanitária dessa agência, o que confere a ela um poder significativo, deixando consequentemente diversos atores (empresas, instituições de pesquisa e pesquisadores e mesmo consumidores) em uma relação de dependência considerável. Além disso, a Anvisa está envolvida no exame de patentes da área de saúde humana, o que torna o processo de concessão mais complexo.

Dificuldades estruturais em termos de processos e de capacidade da burocracia da Anvisa (seja pela qualificação, seja pela quantidade de funcionários) afetam, portanto, o desenvolvimento das atividades que tenham alguma relação com saúde. No caso da biotecnologia, não só empresas que atuam em saúde humana como algumas na agricultura dependem diretamente de normas, autorizações e fiscalizações da Anvisa.

O setor agrícola, por exemplo, critica fortemente a Anvisa, especialmente as empresas produtoras de defensivos. Essas últimas reclamam da demora na liberação para comercialização dos produtos, que pode chegar a sete anos. Questões estruturais, como a falta de recursos humanos na agência para dar conta dos muitos processos na

fila, e até mesmo "ideológicas", por causa de analistas que são contrários à atuação de certas empresas, são justificativas que escutamos tanto de empresários como de funcionários da agência.

Outro grupo que frequentemente reclama do trabalho da Anvisa são os pesquisadores. Nesse caso, os problemas giram em torno do excesso de processos na burocracia e de atrasos para liberar reagentes importados e amostras biológicas quando chegam aos aeroportos brasileiros. Muitas vezes tais atrasos podem inutilizar as amostras importadas em virtude das condições inadequadas de condicionamento do material[85].

Por outro lado, os atores do setor de saúde reconhecem que, ao longo dos anos 2000, a Anvisa passou a se preocupar com um tema bastante relevante para o desenvolvimento da biotecnologia como atividade econômica: as regulações necessárias para a área de produtos biológicos. Desde 2002, foram sete Resoluções da Diretoria Colegiada (RDCs) da Anvisa relacionadas a biológicos. De alguma forma, isso responde à necessidade de preparar um marco regulatório adequado para a produção de medicamentos pela rota biológica, especialmente porque nos encontramos em um contexto mundial de mudanças no mercado farmacêutico com a queda de patentes internacionais que abrem espaço para a produção nacional desses produtos.

Entre as resoluções introduzidas pela Anvisa, vale destacar a RDC 55/10, que distingue procedimentos de registro para "produtos biológicos" e para "produtos biológicos novos". De acordo com a RDC 55/10, produto biológico é "o medicamento biológico não novo ou conhecido que contém molécula com atividade biológica conhecida, já registrado no Brasil e que tenha passado por todas as etapas de fabricação (formulação, envase, liofilização, rotulagem, embalagem, armazenamento, controle de qualidade e liberação do lote de produto biológico para uso)". A diferença para o "produto biológico novo" é o fato de que esse último ainda não tem registro no Brasil (ANVISA/ABDI, 2011: 12-13)[86].

O caráter prático dessa resolução é fornecer alternativas para (e talvez tornar menos complexo) o registro do medicamento biológico não novo, como explica

[85] Relato intitulado "Não aguento mais!", da pesquisadora Lygia da Veiga Pereira, da USP, que aguardava a chegada de células tronco enviadas por parceiros de Harvard, ilustra tal dificuldade. Ver: <http://blogs.estadao.com.br/herton-escobar/cientistas-nao-aguentam-mais-a-anvisa/>.

[86] Ver RDC 55/10 Seção II, Art. 2º, itens XV e XX.

relatório da ABDI sobre o tema: "As diretrizes anteriores, tanto a RDC 80/02 quanto a RDC 315/05, estabeleciam que para o registro de produtos novos e para o registro de cópias devia se apresentar um dossiê completo. Com a resolução de 2010 se diferencia o procedimento para o registro de produtos biológicos novos e para produtos biológicos (cópia). Os primeiros têm que apresentar um dossiê completo para o registro que inclui toda a informação sobre controle de qualidade e a descrição completa do desenvolvimento clínico: informações não clínicas, dados dos estudos de fase I, II e III. Para os segundos, a RDC 55/10 estabelece dois procedimentos possíveis, os produtos biológicos podem ser registrados pela via de desenvolvimento individual ou pela via de desenvolvimento por comparabilidade" (ABDI, 2013: 48). Tal regulamentação facilita os processos dos atores na área de desenvolvimento de biológicos.

***

Os quatro exemplos brevemente discutidos ilustram como a construção da estrutura regulatória e as decisões tomadas pelos diferentes agentes públicos na esfera do Estado têm impactos diretos no desenvolvimento da biotecnologia como atividade econômica. São construções institucionais de longa duração, como as discussões sobre as leis e as criações de instâncias decisórias, e também posicionamentos políticos de atores de diferentes órgãos que podem auxiliar ou criar obstáculos de diversas formas em todas as áreas de atuação da biotecnologia, seja medicamentos na saúde, os OGMs na agricultura ou a pesquisa de novas espécies na energia. Essa análise explicita como é necessário, portanto, considerar sempre os atores das esferas mercado, ciência e Estado para compreender a complexidade da biotecnologia como atividade econômica.

Considerações finais: Questões para desenvolvimento de uma atividade econômica dependente da articulação entre Estado, academia e empresa

A biotecnologia é uma atividade econômica que depende diretamente da articulação entre atores como governos, empresas e instituições de pesquisa. Ao jogar luz sobre as esferas do mercado, da ciência e do Estado, esta tese buscou trazer evidências de como ocorrem essas articulações e de como são necessárias diferentes ações coordenadas para o desenvolvimento da biotecnologia.

O papel do Estado no incentivo à inovação não se limita a fornecer as condições para que a inovação floresça. Ao contrário, é necessário que ele seja mais ativo. E isso não deve ser confundido com ideias genéricas e carregadas de significado negativo, como um Estado "maior" ou "intervencionista". Além de construir infraestrutura e cuidar da estrutura regulatória, governos devem exercer liderança em processos cujo objetivo seja inovar.

Essa ação envolve a criação de estratégias ativas para o desenvolvimento do potencial de uma área antes mesmo que ele seja apreendido pelo setor privado (como no caso da Internet); o financiamento de fases de pesquisa de maior risco e incerteza (biotecnologia ou nanotecnologia); e até mesmo o estímulo comercial ao setor mediante o exercício pelo Estado de seu poder de compra (como foi o caso com os semicondutores, na revolução da microeletrônica, e dos medicamentos e vacinas). Para Mazzucato, nesse sentido, o Estado desempenha um importante papel empreendedor (MAZZUCATO, 2011).

O Estado brasileiro nunca teve esse papel em termos de mudanças de paradigma tecnológico mundial (como na primeira ou na segunda revoluções industriais ou na revolução da microeletrônica). Entretanto, há no Brasil exemplos bem conhecidos de décadas de indução e investimentos de governos que redundaram em bons resultados comerciais, como a indústria aeronáutica (por meio de CTA, ITA e Embraer) e a agricultura (com a Embrapa e outros institutos de pesquisa).

Apesar de autores mais alinhados ao pensamento da economia neoclássica alimentarem o senso comum com mantras genéricos como "deixem simplesmente as empresas competirem livremente que elas irão inovar", para dar o salto em biotecnologia não há caminho curto e fácil, não só no Brasil como em qualquer outro

país. Sim, é bom forçar as empresas a competir no mercado e buscar diferenciar-se em produtos e processo, mas em biotecnologia isso não é suficiente.

A análise a partir da articulação dos diferente atores das três esferas – mercado, ciência e Estado – ao longo desta tese permitiu observar os fatores que sustentam atividades de mais alta intensidade tecnológica, como a biotecnologia: infraestrutura de pesquisa (universidades, institutos e laboratórios públicos e privados, além da capacidade de pesquisa interna das empresas); transferência de tecnologia (mecanismos para estímulo e instrumentos de financiamento à parceria academia-empresa, tanto em projetos específicos em conjunto como para a criação de novas empresas de base tecnológica); recursos humanos (formação de pesquisadores e trabalhadores em nível técnico, além da capacidade de produção científica); estrutura regulatória (legislações específicas, agências e um sistema proteção à propriedade intelectual); estímulos à inovação e de mercado (como financiamentos, incentivos fiscais, exercício do poder de compra do Estado e normas de produção e consumo).

Todos esses fatores aparecem enredados na estrutura de relações formada pelos atores em cada uma três esferas. Essa estrutura de análise permite, portanto, mostrar um pouco da complexidade da biotecnologia com atividade econômica. E permite discutir também os problemas de uma atividade econômica baseada não só em ciência, como diz Pisano (2006), mas em um arranjo relacional complexo, que obriga o setor privado a trabalhar em colaboração (entre empresas e delas com a academia) e que o coloca em dependência da indução do Estado mediante políticas públicas para inovação e criação de uma estrutura de regulação consistente e confiável.

No que se refere ao clássico ciclo de gestão de políticas públicas, tanto para formulação e implementação como para monitoramento e avaliação, é necessário dar um primeiro passo: construir um entendimento comum do que é biotecnologia e bases estatísticas consistentes, replicáveis e comparáveis. Monitorar e avaliar as políticas públicas e medir a performance da biotecnologia no Brasil é crucial para seu efetivo processo de desenvolvimento. Será que os recursos financeiros para inovação estão indo realmente para empresas de biotecnologia? Ou o desenho de um determinado programa acabou permitindo que empresas de áreas relacionadas, mas não de áreas realmente de fronteira, utilizassem esses recursos? Sim, é ótimo que qualquer empresa esteja inovando, mas o programa pensado para biotecnologia de fato pode não estar sendo efetivo. Atualmente, no Brasil, não há mecanismos para fazer esse tipo de

avaliação. E uma dificuldade para dar conta dessa tarefa é justamente a ausência da produção de informação consistente sobre biotecnologia como atividade econômica.

Um primeiro passo para preencher essa lacuna, como vimos ao longo da tese, é discutir a falta de clareza quando se fala de um "setor" de biotecnologia. Parece mais adequado tratar de empresas com atividades biotecnológicas em diversos setores econômicos. O que caracteriza esse conjunto de empresas seria a atividade com base em técnicas biotecnológicas, por isso a opção por manter o foco nelas, e não no setor econômico de origem das empresas, já que são diferentes setores, muitas categorias da CNAE. Nem no porte, como eventualmente escutamos de atores da área ("empresa de biotecnologia é aquela pequena que faz pesquisa"). Isso seria tomar o resultado da dinâmica da biotecnologia como característica de origem. Há, sim, pequenas empresas *spin offs* de universidades, mas também há as grandes que buscam estar na fronteira da inovação, como "big farmas" investindo em medicamentos biológicos, usinas de cana-de-açúcar desenvolvendo etanol de segunda geração ou químicas trabalhando em bioinseticidas ou biofertilizantes e melhoramento genético de sementes.

A diversidade, característica de origem da biotecnologia, dificulta falarmos em um "setor econômico". Trata-se de atividades biotecnológicas com aplicações em diferentes setores, como apresentado ao longo deste trabalho. E o mais interessante a observar seria isto: as atividades biotecnológicas de fronteira na ciência que permitem desenvolvimento de novos produtos e processos em diferentes setores da economia.

Um paralelo pode ser feito com a biotecnologia na academia. Dificilmente áreas de pesquisa consolidadas em química, medicina, agronomia deixarão a conformação de classificação de áreas de conhecimento presente para se desmembrar ou se juntar a outras de modo a formar uma área única de biotecnologia. Primeiramente, porque nem todos dessas áreas utilizam ou desenvolvem atividades ou técnicas biotecnológicas. Em segundo lugar, é claro que os pesquisadores dessas áreas podem, e devem, trabalhar em conjunto, mas nem por isso constituirão uma área única com os mesmos interesses. Estão em jogo também as posições institucionais e acadêmicas de poder, o prestígio dos grupos e programas de pós-graduação (medidos pelas notas da Capes, por exemplo), e, muito importante, os financiamentos à pesquisa (que dependem dos dois aspectos anteriores).

Voltando ao setor privado, essa diversidade da biotecnologia pode justamente ser a causa da desmobilização associativa dos atores na esfera do mercado. O que de fato uniria as empresas? Elas atuam em áreas díspares como saúde humana e animal,

agricultura, energia, meio ambiente, além daquelas produtoras de insumos para diferentes setores. Além disso, há empresas pequenas, fundadas por pesquisadores e que não faturam. Há outras grandes, *players* mundiais, consolidadas em seus mercados. Empresas multinacionais e outras nacionais. Muitas jovens e outras consolidadas. Ou seja, não é apropriado falar de um setor de biotecnologia.

Houve algumas tentativas de ação coletiva nacional de empresas de biotecnologia que não deram certo nos últimos anos, como a Abrabi (Associação Brasileira de Empresas de Biotecnologia), do fim dos anos 1980 ao início de 2000, e a BrBiotec, em 2011. Atualmente não há uma associação nacional que reúna as empresas de biotecnologia. Organizações como Biominas (associação de empresas e consultoria de negócios em MG), Ambiotec (Associação Mineira de Empresas de Biotecnologia e Ciências da Vida), Bio-Rio (fundação gestora do polo fluminense) e ComBio (comitê da cadeia produtiva de biotecnologia da Fiesp) trabalham de formas diferentes em prol do setor privado ligado a biotecnologia nos seus estados, mas não representam o conjunto das empresas com atividades biotecnológicas do Brasil. Como há diferenças setoriais de origem, existem as associações privadas dessas áreas que conformam a biotecnologia, como ABBI (de Biotecnologia Industrial), AgroBio (de Biotecnologia na Agricultura e Agroindústria), Abifina (de química fina, biotecnologia e especialidades), Unica (de usinas de cana de açúcar), a ABIHPEC (da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos) e o grupo Farma Brasil.

Mais plausível, portanto, é falar em empresas que utilizem ou desenvolvam atividades ou técnicas biotecnológicas, algo mais restrito, é verdade, mas que permite alguma definição capaz de se fundamentar em bases estatísticas. Seria possível também falar em bioeconomia, algo mais amplo e que abriga diferentes atividades, passiveis até mesmo de ser selecionadas a partir da CNAE, mas que está fora do escopo desta tese.

Essa confusão conceitual reverbera nas politicas públicas, já que muitos programas e diretrizes são feitos para diferentes setores, mas nomeados como destinados a biotecnologia, o que leva a atingir empresas, por exemplo, muito além de biotecnologia. Isso de alguma forma desvia o foco das ações. E, muitas vezes, leva a uma conclusão de que o Estado não apoia a área, quando na verdade o faz, mas sem atingir o real objetivo. Como vimos principalmente no Capítulo 5, há na realidade certo ativismo programático do Estado brasileiro.

No que diz respeito à transferência de tecnologia, esse fator fundamental

abrange tipos diferentes de relacionamento entre os atores na dinâmica da biotecnologia como atividade econômica. Há uma colaboração necessária, seja entre empresas (pequenas e grandes), seja entre empresas e institutos de pesquisa, a qual ocorre tomando formas e modelos diferentes: o conhecimento específico, que muitas vezes está na pequena empresa próxima à universidade, é buscado pela grande firma; outras conformam *joint ventures;* há os casos de redes de pesquisa externas às empresas e tentativas de inovação aberta (CHESBROUGH, 2005); mais recentemente algumas empresas, especialmente pequenas e médias, se aliam em consórcios de P&D (casos europeus) (PwC, 2009).

Mas essa necessidade de colaboração esbarra em dificuldades significativas. A dinâmica de especialização extrema, somada à busca por proteção da propriedade intelectual pelos diferentes atores (empresas ou universidades), por exemplo, dificulta o avanço do conhecimento e o desenvolvimento para inovação, além de multiplicar custos. Ao mesmo tempo em que as empresas precisam patentear para capitalizar seus investimentos (PISANO, 2006), a disseminação da proteção leva ao travamento (ou pelo menos a maior dificuldade de avanço), como explica Heller com sua ideia de "gridlock economy" (HELLER, 2008).

Além dessas colaborações entre firmas, pelo menos no Brasil, a relação universidade-empresa ainda tem muito a avançar. Em biotecnologia, como vimos, há proporção significativa de jovens empresas pequenas formadas por pesquisadores altamente qualificados, que muitas vezes são alvo da grandes empresas para parcerias.

Mas há muito mais produção científica que não se torna produto ou processo e que não alimenta a criação de uma empresa. Pode ser que isso ocorra porque o objetivo da pesquisa é realmente outro (alimentar o desenvolvimento do conhecimento científico em si mesmo) ou porque há de fato falta de estímulo e de interesse, o que leva à subutilização do conhecimento produzido em termos de soluções que poderiam ser mais bem compartilhadas com a sociedade.

O número de mestres e doutores titulados, principalmente em áreas relacionadas à biotecnologia, vem crescendo nos últimos quinze anos no país. Assim como a quantidade de artigos científicos publicados. Consequentemente, o potencial de produção de conhecimento novo em biotecnologia da academia brasileira, em especial a paulista, também cresce – apesar do baixo impacto da ciência brasileira no mundo. O potencial significativo, porém, ainda é subaproveitado. A capacidade de desenvolvimento de produtos tecnológicos da academia brasileira em biotecnologia é

muito baixa. É fraco, por exemplo, o nível de interação dos grupos de pesquisa com as empresas. Isso poderia ser mais bem explorado, já que, como vimos no Estado de São Paulo, há correlação entre a localização da capacidade de produção científica em áreas de conhecimento relacionadas à biotecnologia e a localização das empresas com atividades biotecnológicas.

Isso ajudaria a lidar também com a explícita desigualdade regional no Brasil em termos de CT&I, especialmente no que diz respeito a biotecnologia. Há uma concentração expressiva no Estado de São Paulo em relação aos outros estados, seja de empresas, seja de pesquisadores. E há também uma desigualdade intraestadual, com uma concentração intensa em poucos municípios. É importante que o Estado apoie atividades mais intensivas em conhecimento, como a biotecnologia. Entretanto, muitas vezes isso acaba ratificando a própria desigualdade. Políticas de CT&I de corte territorial podem ser um caminho para fortalecer as capacidades das diferentes regiões, estimular a descentralização da produção de mais intensidade tecnológica e minimizar os efeitos deletérios de uma excessiva desigualdade regional. O investimento em CT&I no país hoje deve ser pensado como motor de desenvolvimento para daqui a algumas décadas.

Evidentemente, essa tarefa passa pelo desafio de aproximar duas esferas com valores, culturas e normas distintas como academia e setor privado. O aperfeiçoamento da capacidade de transferência de tecnologia da academia para o setor privado e para a sociedade pode ser um passo. Casos internacionais apontam alguns fatores-chave para lidar com tal desafio: criação de escritórios nas universidades, com profissionais especializados em propriedade intelectual e também em gestão de negócios; construção de confiança na relação das empresas com os pesquisadores, que por sua vez precisam de formação mais orientada para o mercado; instrumentos de apoio financeiro à parceria; e uma estrutura regulatória e de propriedade intelectual capaz de garantir o compartilhamento adequado da inovação gerada.

O crescimento no número de mestres e doutores em áreas relacionadas à biotecnologia foi expressivo, mas é comum ouvir de empresários que a demanda geral por mão de obra qualificada no pais ainda é alta e não atendida. Por um lado, é conhecido o conflito entre pesquisadores formados para trabalhar na academia e pesquisadores com o perfil desejado pelos empresários. A consequência é que a proporção de pesquisadores em empresas é baixa no país quando comparado com

outras nações. Para além disso, há, de fato, demandas específicas que explicitam o gargalo em recursos humanos, como na área de biossimilares e biológicos, de profissionais tanto em nível de pós-graduação como em nível técnico/tecnológico. O aperfeiçoamento de programas de bolsas para pesquisadores em empresas (como o RHAE do CNPq) e a própria alteração na forma de avaliação dos pesquisadores (pela Capes e pelos departamentos na universidade), premiando mais a produção tecnológica e a parceria com empresas e governos, podem contribuir para uma qualificação mais adequada de recursos humanos e para a diminuição dos conflitos universidade-empresa.

Essa dificuldade de aproximação entre academia e empresas não é exclusiva da biotecnologia e se assenta em décadas de política de ciência e tecnologia baseada numa visão linear de inovação (ou desenvolvimento tecnológico nos termos de anos atrás). Nesta tese, mostramos que é muito recente o movimento em direção a uma visão não linear de inovação – ou mais sistêmica. Isso tem papel central no desenvolvimento da biotecnologia, uma vez que articula melhor os atores e o potencial de ciência e tecnologia do país com políticas públicas claras para inovação. Muitas vezes os instrumentos utilizados são os mais criativos e modernos, adotados nas principais economias do mundo, mas sua implementação esbarra em comportamentos arraigados em décadas, seja da academia pouco preocupada com o mercado, das empresas pouco interessadas em inovar e em fazer parcerias ou da burocracia estatal, presa a regulações mais afeitas à manutenção do *status quo* do que ao desenvolvimento.

Nesse sentido, é interessante observar uma parte dessas ações do Estado segundo uma certa tipologia de política industrial (GADELHA, 2001). Um tipo seria aquele de caráter horizontal e sistêmico, com ações para melhorar as condições estruturais para atuação do setor privado e da academia. O outro tipo seria vertical e seletivo, com ações direcionadas a setores específicos e áreas de atuação de empresas.

No caso da biotecnologia, é necessária uma política industrial capaz de abarcar o caráter sistêmico do primeiro tipo (no que diz respeito, por exemplo, aos incentivos a ciência e tecnologia de forma geral, como a formação de recursos humanos e o apoio a institutos de pesquisa em diversas áreas), e o caráter específico do segundo tipo, com, por exemplo, financiamentos para empresas que precisam investir em desenvolvimento de produtos de alto risco nas diferentes áreas da biotecnologia (saúde, bioenergia e agricultura, por exemplo). Essa dualidade da ação do Estado é

desejável para a biotecnologia ao estimular de forma abrangente os fatores que sustentam o desenvolvimento do sistema de inovação e, ao mesmo tempo, promover especificamente áreas de atuação das empresas e da academia de modo a estimular a inovação e o seu crescimento.

Houve de fato avanços significativos no ambiente de ciência, tecnologia e inovação no Brasil desde o final dos anos 1990. São políticas e ações que podem trilhar um caminho rumo a um modelo de desenvolvimento mais baseado em inovação, como as ações da Finep desde 2011, mas que ainda não mudaram essa situação no país. A inovação de forma geral ainda está em níveis baixos e a sua qualidade também precisa melhorar – há pouca inovação de produto para o mercado, por exemplo (PINTEC, 2013).

Algumas justificativas razoáveis para essa situação levantadas na literatura podem ser pensadas para o caso da biotecnologia. Primeiramente, a ausência de foco dos instrumentos e das ações acaba por não atingir as empresas com real potencial inovador – em biotecnologia, como já mencionado, o próprio problema de definição da área é um complicador. Em segundo lugar, considerando o público potencial, a escala do financiamento à inovação não é suficiente. Há o exemplo da altíssima procura das empresas por recursos oferecidos pela Finep: foram R$ 68 bilhões de demanda em 2013 para R$ 32 bilhões disponíveis pelo governo federal no programa Inova Empresa para 2013/2014. É comum ouvir dos empresários da área de biotecnologia que faltam editais de subvenção para inovação. Quem perde o edital de um ano engaveta o projeto por não saber quando vem outro. O terceiro aspecto se refere a entraves institucionais que dificultam a efetividade das ações. Um deles é a dispersão de recursos em diferentes agências, e também em termos setoriais e espaciais – muitas vezes para satisfazer pedidos de muitos, mas com pouca efetividade em termos de inovação. Outro entrave é o tradicional viés para ciência e tecnologia (mais recursos para a academia) em detrimento da inovação – apesar das mudanças recentes, o peso do modelo linear de inovação ainda é grande.

A despeito de tais dificuldades, a proporção de empresas com atividades biotecnológicas que se beneficiam de financiamento público para P&D é expressiva. Por um lado, isso é positivo, pois muitas dessas empresas não teriam outra fonte de recurso para pesquisas de alto risco. Por outro, além de explicitar a dependência dos recursos públicos para inovação, não há avaliação nem monitoramento dos resultados dessas políticas de inovação no Brasil. Não sabemos, por exemplo, quantas empresas

com atividades biotecnológicas que receberam recursos públicos lograram sucesso, quantas ainda estão em fase de desenvolvimento (e há quanto tempo, já que muitas ficam anos sem faturamento) e quantas não foram adiante e fecharam.

Fica mais difícil saber também quais são os melhores instrumentos públicos para estimular a inovação nas empresas com atividades biotecnológicas no Brasil: financiamento reembolsável, não reembolsável, fundos de investimento? Seria melhor pensar os programas diferenciando o estágio em que se encontram as empresas: *early venture*, *seed money* e crédito para empresa consolidada?

Um instrumento de apoio à inovação que ainda precisa ser mais bem utilizado no Brasil é o poder de compra do Estado. A demanda induzida e garantida pelo Estado pode levar à inovação ao estimular pesquisa e desenvolvimento em áreas de fronteira ou de alto risco e com alto impacto na sociedade e na economia, todas características da biotecnologia, seja em saúde humana (medicamentos e vacinas), bioenergia (etanol celulósico), agricultura (produtividade em alimentos) ou meio ambiente (biorremediação para despoluição de águas).

De alguma forma o governo brasileiro vem tentando ativar essa estratégia na área de saúde humana mediante as parcerias para desenvolvimento produtivo. A atenção aqui é ir além da busca pela diminuição do déficit na balança comercial da saúde e de fato internalizar inovação em medicamentos biológicos, e não só fazer substituição de importações com produção local em parceria com empresas estrangeiras sem desenvolvimento tecnológico real.

A cadeia sucroalcooleira, por sua vez, é um interessante exemplo de como incentivos de mercado também podem fazer diferença. Atualmente, há problemas de coordenação na política do governo federal com consequências deletérias para o setor. Se, por um lado, pensando no longo prazo e de forma estruturante, o governo federal apoia a inovação no setor sucroalcooleiro por meio do BNDES e da Finep, por outro, pensando no curto prazo e na conjuntura macroeconômica, mina a capacidade de investimento do setor de etanol ao segurar o aumento de preço da gasolina e tornar o etanol desinteressante para o consumidor final.

Decisões desse tipo são cruciais em termos de estímulos de mercado. Ou seja, o Estado pode influenciar diretamente a escolha dos atores com suas ações de coordenação e de regulação. Vimos no Capítulo 5 como isso é sensível para a biotecnologia. Os arranjos institucionais, a legislação, a divisão de poder de autorização entre diferentes agências e órgãos públicos podem estimular ou criar

obstáculos em todas áreas de atuação da biotecnologia, seja nos medicamentos na saúde, nos OGMs na agricultura ou na pesquisa de novas espécies na energia.

Por fim, vale lembrar que se disseminou no debate público em todo o mundo um excesso de otimismo com o "setor" de biotecnologia. Apareceram ideias genéricas como as de que o mapeamento do genoma humano proporcionaria a cura para diversas doenças em pouco tempo, a biomassa seria a salvação para os problemas de uma economia baseada em combustíveis fósseis ou os organismos geneticamente modificados seriam a solução para a falta de alimentos no mundo.

Há, sim, evidências de que a biotecnologia trouxe avanços nas áreas de saúde, agricultura e energia, e de que pode trazer mais, porém a cautela é importante para não superestimar a capacidade da área. Pisano (2006), por exemplo, mostra as dificuldades da biotecnologia em saúde humana nos EUA, com resultados bem abaixo do esperado nos últimos trinta anos. Problemas como os conflitos de dois mundos distintos, a academia e o setor privado, com valores, comportamentos e objetivos diferentes, e mesmo a monetarização excessiva da propriedade intelectual, travando avanços científicos, não podem ser desconsiderados.

Recentemente, o médico Francis Collins, que liderou o projeto de mapeamento do genoma humano e atualmente comanda os Institutos Nacionais de Saúde (NIH) dos EUA (com investimento de US$ 30 bilhões em pesquisa biomédica), admitiu que a "revolução na pesquisa biomédica" anunciada em 2000 não se concretizou em "revolução na prática médica" (LEITE, 2014). Há avanços claros em termos de diagnóstico com base em informação genômica, mas, em termos de novas terapias disponíveis com base no genoma, ainda há muito o que avançar (LEITE, 2014).

Outro caso é o dos biocombustíveis, cujo desenvolvimento sofre com a passagem das descobertas em laboratório e a produção em pequenos lotes para o escalonamento e a produção em massa, algo absolutamente necessário em energia. No etanol de segunda geração, por exemplo, ainda são procuradas as melhores enzimas para tornar o processo de quebra da celulose viável economicamente.

Os desafios, portanto, estão colocados. A biotecnologia é uma atividade econômica com potencial de desenvolvimento e com capacidade de levar a significativos benefícios econômicos e sociais. Para tanto, é necessário antes de tudo entender o seu complexo modo de funcionamento, com arranjos diversos que estruturam redes de relações entre empresas, universidades, institutos de pesquisa, laboratórios, governos e agências públicas.

Referências bibliográficas citadas

ABDI. "Estudo prospectivo, visão de futuro e agenda INI – Biotecnologia: 2008-2025". Brasília: ABDI-CGEE, 2010.

_____."Panorama da Biotecnologia no Mundo e no Brasil". Brasília: ABDI-CGEE, 2010.

ANVISA/ABDI. Registro de Produtos Biológicos. Bases legais e Guias – Coletânea. Brasília: Anvisa/ABDI, 2011.

AGGARWAL, S. "What is fueling the biotech engine-2012 to 2013". *Nature Biotechnology*, vol. 32, n. 1, janeiro de 2014.

AMSDEN, A. A ascensão do "resto": os desafios ao Ocidente de economias com industrialização tardia. São Paulo: Editora Unesp, 2009.

ARAÚJO, Bruno Cézar. TD 1759 – Políticas de Apoio à Inovação no Brasil: Uma Análise de Sua Evolução Recente. Rio de Janeiro: IPEA, agosto de 2012.

ARBIX, G. "Caminhos cruzados: rumo a uma estratégia de desenvolvimento baseada na inovação. *Novos estudos*, n. 87. São Paulo: Cebrap, 2010.

ARBIX, G. e MARTIN, S. "Beyond developmentalism and market fundamentalism in Brazil: inclusionary state activism without statism". Workshop on States, Development, and Global Governance. University of Wisconsin-Madison, 2010.

ARUNDEL, Anthony; VAN BEUZEKOM, Brigitte; GILLESPIE, Iain. "Defining biotechnology – carefully". *Trends in Biotechnology*, vol. 25, n. 8, 2007.

ATHREYE, S. e GODLEY, A. "Internationalization and technological leapfrogging in the pharmaceutical industry". *Industrial and Corporate Change*, vol. 18, n. 2, 2009.

ASSAD, A.L.G e AUCÉLIO, J.G. "Biotecnologia no Brasil – Esforços Recentes". In: SILVEIRA, Dal Poz e ASSAD, J.G. *Biotecnologia e Recursos genéticos. Desafios e oportunidades para o Brasil*. Campinas: Unicamp/Finep, 2004.

BIANCHI, Carlos. "The role of innovation policies in the Brazilian biotechnology-health regime". GLOBELICS International Conference. Buenos Aires, 15-17 de novembro, 2011.

_____. "Grupos de pesquisa em biotecnologia moderna no Brasil: uma revisão sobre os fundamentos da política de CTI", 2010 (mimeo).

BIO. *Biotechnology Industry Organization: Guide to Biotechnology*, 2007.

BIOMINAS. Parque Nacional de Empresas de Biotecnologia. Belo Horizonte: Fundação Biominas, 2001.

_____. Estudo de Empresas de Biotecnologia do Brasil. Belo Horizonte: Fundação Biominas, 2007.

_____. Estudo das Empresas de Biociências – Brasil 2009. Belo Horizonte: Fundação Biominas, 2009.

BIOMINAS/PwC. A indústria de biociências nacional: caminhos para o crescimento. Biominas Brasil e PricewaterhouseCoopers (PwC), 2011.

BIOTECSUR. *Inventario de las capacidades biotecnológicas en la Unión Europea y comparación con las de los países del MERCOSUL*, 2008. Disponível em <http://docs.biotecsur.org/informes/pt/inventario/3_capacidades_ue.pdf>. Acessado em: 10/6/2012.

_____. Manual de Indicadores de Biotecnologia, 2007.

BNDES. "BNDES Profarma", 2014a. Disponível em <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Apoio_Financeiro /Programas_e_Fundos/Profarma/index.html>. Acessado em: 27/2/2014.

_____. "BNDES renova o Profarma e amplia apoio à biotecnologia", 2014b. Disponível em <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Sala_de_Imprensa/Noticias/2013/Todas/20130411_profarma.html>. Acessado em: 27/2/2014.

BOTELHO, A. Inno-policy trendchart: innovation policy progress report – Brazil 2009. União Europeia, 2010. Disponível em <http://www.proinno-europe.eu/page/innovation-andinnovation-policy-brazil>.

BRASIL. Decreto nº 7.713, de 3 de abril de 2012. Brasília: Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos, 2012. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Decreto/D7713.htm>. Acessado em: 27/3/2014.

_____. Lei nº 12.349, de 15 de dezembro de 2010. Brasília: Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos, 2010. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12349.htm>. Acessado em: 27/3/2014.

_____. Lei n 11.105, de 24 de março de 2005. Brasília: Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos, 2005. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/l11105.htm>. Acessado em 19/3/2014.

_____. Lei n 9.456, de 25 de abril de 1997. Brasília: Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos, 1997. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9456.htm>. Acessado em: 18/3/2014.

_____. Lei n 9.279, de 14 de maio de 1996. Brasília: Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos, 1996. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9279.htm>. Acessado em: 19/3/2014.

CAPANEMA, L. X. L.; PALMEIRA FILHO, P. L; PIERONI, J. P. 2008. "Apoio do BNDES a Complexo Industrial da Saúde: experiência do Profarma e seus desdobramentos". BNDES Setorial, n. 27, 2008.

CAPES. "Relatórios de Avaliação das Áreas" e "Documentos de Área", 2010. Disponíveis no site da CAPES (http://trienal.capes.gov.br/?page_id=1135). Acessado em: junho de 2012.

_____. "Tabela Áreas de Conhecimento", 2012. Disponível no site da CAPES (http://www.capes.gov.br/avaliacao/tabela-de-areas-de-conhecimento). Último acesso em janeiro de 2014.

BUG, 2013. Empresa Bug Agentes Biológicos. Disponível em <http://www.bugbrasil.com.br/empresa.asp>. Acesso em: 18/11/2013.

CARNEIRO, Mariana. "Brasil leva até 14 anos para garantir proteção a inovação". *Folha de S.Paulo*, 20/04/2014. Disponível em <http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2014/04/1442935-brasil-leva-ate-14-anos-para-garantir-protecao-a-inovacao.shtml>. Acessado em: 8/5/2014.

CARRER, H.; BARBOSA, A.L.; RAMIRO, D.A. "Biotecnologia na agricultura". *Estudos avançados*. São Paulo: IEA, v. 24, n. 70, 2010.

CARVALHO PINTO VIEIRA, Adriana et al. "Patenteamento da biotecnologia no setor agrícola no Brasil: uma análise crítica". *Revista Brasileira de Inovação*, [S.l.], v. 9, n. 2, jul/dez, dez. 2010. Disponível em <http://www.ige.unicamp.br/ojs/index.php/rbi/article/view/477>. Acesso em: 18/3/2014.

CASTILLA, H.; GRANOVETTER, E., GRANOVETTER, M. "Social Networks in Silicon Valley". In: LEE, C.-M. et al. (Eds.), *The Silicon Valley Edge*. Stanford: Stanford University Press, 2000.

CDB, 1992. Convenção sobre Diversidade Biológica, de 1992. Disponível em <http://www.mma.gov.br/biodiversidade/biosseguranca/organismos-geneticamente-modificados/item/7513>. Acessado em: janeiro de 2014.

CEBRAP. *Brazil Biotech Map 2011*. São Paulo: Cebrap/Apex/BrBiotec. Publicação impressa e em formato digital. 2011 (ISBN: 978-85-62676-17-8).

CGEE. Os novos instrumentos de apoio à inovação: uma avaliação inicial. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) e Associação Nacional de Pesquisa, Desenvolvimento e Engenharia das Empresas Inovadoras (Anpei), 2009.

CHESBROUGH, WEST e VANHAVERBEKE (2006) (orgs.), *Open Innovation: Researching a New Paradigm*, Oxford University Press, 2006.

CIMOLI, M. et al. "Institutions and Policies Shaping Industrial Development: An Introductory Note". In: CIMOLI, M., DOSI, G., and SITGLITZ. J. (Eds.). *Industrial Policy and Development*. Nova York: Oxford University Press, 2009.

CNI. Bioeconomia: uma agenda para o Brasil. Brasília: Confederação Nacional da Indústria (CNI), 2013.

CRUZ, Carlos Henrique de B. e CHAIMOVICH, Hernan. "Brasil". In: *Relatório UNESCO sobre ciência 2010*. Tradução de Demerval de Sena Aires Júnior. Setor de Ciências Naturais da representação da Unesco no Brasil, 2010.

DEVOL, R. et al. *America's Biotech and Life Science Clusters: San Diego's Position and Economic Contributions*. Santa Monica, CA: Milken Institute, junho de 2004.

EDQUIST, C. "Systems of Innovation: Perspectives and Challenges". In: FAGERBERG, J., MOWERY, D.C. e NELSON, R.R. (Eds.), *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford: Oxford University Press, 2005.

EDLER, Jakob. Demand policies for innovation. Manchester Business School working paper, n. 579, 2009.

ERENO, Dinorah. "Florestas imbatíveis". *Pesquisa FAPESP*. São Paulo: FAPESP, junho de 2012 (2012a).

_____. "Ciência à flor da pele". *Pesquisa FAPESP*. São Paulo: FAPESP, maio 2012 (2012b).

_____. "Proteína antitumoral". *Pesquisa FAPESP*. São Paulo: FAPESP, novembro de 2012 (2012c).

ERNST YOUNG. *Beyond Borders: Global Biotechnology Report 2010*. Ernst Young, Reino Unido, 2010.

ETZKOWITZ, Henry. *The Triple Helix: University-Industry-Government Innovation in Action*. Nova York: Routledge, 2008.

ETZKOWITZ, Henry. "Research groups as 'quasi-firms': the invention of the entrepreneurial university". *Research Policy* 32, 2003.

EVANS, P. *Autonomia e parceria: Estados e transformação industrial*. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 2004.

FAGERBERG, Jan. "Innovation: Guide to the Literature". In: FAGERBERG, J., MOWERY, D.C e NELSON, R.E (Eds.), *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford: Oxford University Press, 2005.

FAPESP. "Capítulo 3: Recursos financeiros e humanos em pesquisa e desenvolvimento". In: *Indicadores de ciência, tecnologia e inovação em São Paulo 2010*. São Paulo: FAPESP, 2011 (2011a).

_____. "Capítulo 5: Atividade de patenteamento no Brasil e no exterior". In: *Indicadores de ciência, tecnologia e inovação em São Paulo 2010*. São Paulo: FAPESP, 2011 (2011b).

_____. "Capítulo 11: Indicadores de CT&I em Saúde no Estado de São Paulo". In: *Indicadores de ciência, tecnologia e inovação em São Paulo 2010*. São Paulo: FAPESP, 2011 (2011c).

_____. "Capítulo 8: Dimensão regional dos esforços de ciência, tecnologia e inovação no Estado de São Paulo". In: *Indicadores de ciência, tecnologia e inovação em São Paulo 2010*. São Paulo: FAPESP, 2011 (2011d).

_____. Chamada de propostas FAPESP-Natura 2013. Centro de Pesquisa Aplicada em Bem-Estar e Comportamento Humano. Disponível em <http://www.fapesp.br/8309>. Acessado em: 17/1/2014 (2014a).

_____. BIOEN. Disponível em <http://www.fapesp.br/rio20/bioen>. Acessado em: 10/3/2014 (2014b).

_____. BIOTA. Disponível em <http://www.biota.org.br/>. Acessado em: 10/3/2014 (2014c).

FELIZARDO, R. G. *A Revolução da Biotecnologia – Recepta inova na luta contra o câncer.* São Paulo: Editora Papagaio, 2012.

FILHO, Márcio de Castro Silva. Relatório de avaliação 2007-2009. Trienal 2010. Área de avaliação: Ciências Biológicas. 2010. Disponível para download em <http://trienal.capes.gov.br/wp-content/uploads/2011/01/CB-I-RELATÓRIO-DE-AVALIAÇÃO-FINAL-jan11.pdf>. Acessado em junho de 2012.

FONSECA, Maria da Graça. "Documento Setorial: Biotecnologia". Projeto Perspectivas do Investimento no Brasil. Sistema Produtivo: Baseados em ciência. Rio de Janeiro: BNDES/UFRJ/Unicamp, 2009.

GADELHA, Carlos Augusto. "Política Industrial: Uma Visão. Neo-Schumpeteriana Sistêmica e Estrutural". *Revista de Economia Política*, vol. 21, nº 4 (84), outubro-dezembro, 2001.

_____. "O complexo industrial da saúde e a necessidade de um enfoque dinâmico na economia da saúde". *Ciência & Saúde Coletiva*. Rio de Janeiro vol. 8, n. 2, 2003.

_____. "Saúde e inovação: uma abordagem sistêmica das indústrias da saúde". *Cadernos de Saúde Pública.* Rio de Janeiro, vol. 19, n. 1, jan-fev, 2003.

GADELHA, Carlos Augusto. "Desenvolvimento, complexo industrial da saúde e política industrial". *Revista Saúde Pública*, n. 40. São Paulo: USP, 2006.

GADELHA, Carlos Augusto G.; QUENTAL, C. & FILHO, B. C. "Saúde e inovação: uma abordagem sistêmica das indústrias da saúde". *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, vol. 19, n. 1, jan-fev, 2003.

GADELHA, Carlos Augusto; COSTA, Laís Silveira; MALDONADO, José. "O Complexo Econômico-Industrial da Saúde e a dimensão social e econômica do desenvolvimento". *Revista Saúde Pública*, vol. 46, supl. 1. São Paulo: USP, dezembro de 2012.

GADELHA, C.A.; COSTA, L.S.; METTEN, A. Saúde e desenvolvimento no Brasil: estado da arte e desafios. 2012 (mimeo). Disponível em <http://abresbrasil.org.br/sites/default/files/trabalho_34.pdf>. Acesso em 20/02/2013

GRANOVETTER, Mark. "The strength of weak ties". *American Journal of Sociology,* vol. 78, n. 6, Chicago, maio de 1973.

_____. "Economic Action and Social Structure: The Problem of Embeddedness". *American Journal of Sociology*, vol. 91, n. 3, Chicago, novembro de 1985.

HELLER, Michael. *The Gridlock Economy: How Too Much Ownership Wrecks Markets, Stops Innovation, and Costs Lives*. Basic Books. New York. NY. 2008

HODGSON, J. "Private biotech 2004 – the numbers". *Nature Biotechnology*, 24: 635-641, 2006.

HOLLANDERS, Hugo e SOETE, Luc. "O crescente papel do conhecimento na economia global". In: *Relatório UNESCO sobre ciência 2010*. Tradução de Demerval de Sena Aires Júnior. Setor de Ciências Naturais da representação da Unesco no Brasil, 2010.

HUGGET B. et al. "Public Biotech 2009 – The numbers". *Nature Biotechnology* 28(8): 793-799, 2010.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Website: www.ibge.gov.br. Último acesso em: junho de 2011.

INEP (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira). Classificação Internacional Eurostat/Unesco/OCDE. Disponível para download em <http://download.inep.gov.br/download/superior/2009/Tabela_OCDE_2009.pdf>. Acessado em: junho de 2011.

IPEA. "Remédio para tudo – Com acesso ao patrimônio genético nacional, a Extracta investe num novo antibiótico". *Desafios do desenvolvimento*, ano 4, edição 33. Rio de Janeiro: IPEA, 2007.

JAMES, Clive. Global status of Commercialized biotech/GM Crops: 2009. International Service for the acquIsItIon of agribiotech applIcatIons (ISAAA). Briefs, n. 41, 2009.

JOÃO, I.S.; PORTO, G.S.; GALINA, S.V.R. "A posição do Brasil na corrida pelo etanol celulósico: mensuração por indicadores C&T e programas de P&D". *RBI*, v. 11, n. 1, jan/jun, 2012.

JOHNSON, Chalmers (1995). Japan: Who Governs? – The Rise of the Developmental State. W. W. Norton & Company. New York.

LEITE, Marcelo. "Houve excesso de otimismo com o DNA, diz líder do Projeto Genoma". *Folha de S.Paulo*, 24 de maio de 2014. Disponível em http://www1.folha.uol.com.br/ciencia/2014/05/1459502-houve-excesso-de-otimismo-com-o-dna-diz-lider-do-projeto-genoma.shtml.
Acessado em: 24/5/2014.

LF. Lei Federal nº 123 de 2006. "Estatuto Nacional da Microempresa e da Empresa de Pequeno Porte". Disponível para ownload em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/LCP/Lcp123.htm>. Acessado em: junho de 2011.

LIPTAK, Adam. "Justices, 9-0, Bar Patenting Human Genes". *The New York Times,* 13/6/2013. Disponível em http://www.nytimes.com/2013/06/14/us/supreme-court-rules-human-genes-may-not-be-patented.html. Acessado em: 8/5/2014.

LOPES, Paulo Sávio. Relatório de avaliação 2007-2009. Trienal 2010. Área de avaliação: Zootecnia e Recursos Pesqueiros. Disponível para download em <http://trienal.capes.gov.br/wp-content/uploads/2011/03/ZOOTECNIA-REL-AVAL.pdf>. Acessado em: junho de 2011.

LUNDVALL, Bengt-Ake. “The Social Dimension of the Learning Economy”. Danish Research Unit for Industrial Dynamics – DRUID Working Paper, n. 96-1, 1996.

LUNDVALL, Bengt-Åke et al. “Forms of Knowledge and Modes of Innovation”. *Research Policy*, vol. 36(5), 680-693, 2004.

MACEDO, Mariano. “Políticas de inovação pelo lado da demanda: uma revisão da literatura e perspectivas de análise”. Radar: tecnologia, produção e comércio exterior / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais, de Inovação, Regulação e Infraestrutura, n. 31. Brasília: IPEA, fevereiro de 2014.

MARQUES, Fabrício. Desafios partilhados. *Pesquisa FAPESP*. São Paulo: FAPESP, abril de 2013.

MATTOS, Paulo. “O sistema jurídico-institucional de investimentos público-privados em inovação no Brasil”. *Revista de direito público da economia*, vol. 7, n. 28, 2009.

MATTOS, Rodrigo Costa. Relatório de avaliação 2007-2009. Trienal 2010. Área de avaliação: Medicina Veterinária. Disponível para download em: <http://trienal.capes.gov.br/wp-content/uploads/2010/12/MED-VETERINÁRIA-RELATÓRIO-DE-AVALIAÇÃO-FINAL-dez10.pdf>. Acessado em: junho de 2011.

MAZZUCATO, Mariana. “The Entrepreneurial State”. Londres: Demos, 2011.

MCT. Plano de Ação – Ciência, Tecnologia e Inovação (PACTI) 2007-2010. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2006.

MCTI, 2011. Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI) 2012-2015. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2011.

_____. “Indicadores - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação”. Disponível em <www.mct.gov.br >. Acessado em: janeiro de 2013.

MENDONÇA, M. e FREITAS, R. E. “Biotecnologia: Perfil dos Grupos de Pesquisa no Brasil”. Texto para discussão nº 1375. Rio de Janeiro, 2009.

MILLER, H.I. Biotech’s defining moments. *Trends in Biotechnology,* 25, 56–59, 2007.

MORAES e CAPANEMA. “A genética de frangos e suínos – a importância estratégica de seu desenvolvimento para o Brasil”. BNDES Setorial 35. Rio de Janeiro: BNDES, março de 2012.

MORAIS. “Programas especiais de crédito para micro, pequenas e médias empresas”. In: *Políticas de Incentivo à Inovação Tecnológica no Brasil*. Brasília: IPEA, 2008.

MS (Ministério da Saúde). “Complexo industrial em números – Ministério da Saúde”, 2012. Disponível em <www.saude.gov.br>. Acessado em 19/11/2012.

_____. Ministério da Saúde, 2013. Disponível em <http://www.brasil.gov.br/saude/2013/12/brasil-vai-desenvolver-19-novos-produtos-de-saude>. Acessado em: 12/12/2013.

NELSON, R.R. *As fontes crescimento econômico.* Campinas: Editora da Unicamp, 2006.

NELSON, R.R. e WINTER, S.G. *Uma teoria evolucionária da mudança econômica*. Campinas: Editora da Unicamp, 1982.

OECD. "A Framework for Biotechnology Statistics". Paris: OCDE, 2005.

_____. "OECD Biotechnology Statistics 2006". Paris: OCDE, 2006.

_____. "OECD Biotechnology Statistics 2009". Paris: OCDE, 2009.

_____. "Key Biotechnology Indicators (December 2011)". Paris: OCDE, 2011. Disponível em www.oecd.org/sti/biotechnology/indicators. Acessado em: junho de 2012.

OLIVEIRA, Marcos. "Opção produtiva". *Pesquisa FAPESP*. São Paulo: FAPESP, março de 2012 (2012a).

_____. "Entre Açúcares e genes". *Pesquisa FAPESP*. São Paulo: FAPESP, outubro de 2012 (2012b).

_____. "Voo verde". *Pesquisa FAPESP*. São Paulo: FAPESP, julho de 2013.

OSADA, Neide Mayumi e COSTA, M. C. "Fazendo gênero na Biologia Brasileira". Revista *Arbor*, v. 184, 2008.

OWEN-SMITH, J. e POWELL, W.W. "Knowledge Networks as Channels and Conduits: The Effects of Spillovers in the Boston Biotechnology Community". *Organization Science*, 15(1):5-21, 2004.

_____. "Networks & Institutions". In: GREENWOOD, R. et al. (eds.), *The Handbook of Organizational Institutionalism*. Nova York: Sage, 2008.

PACTI. Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação – PACTI. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2007.

PALMEIRA FILHO, P.L. e CAPANEMA. L.X.L. A cadeia farmacêutica nacional e o desafio da inovação: possibilidades para a atuação do BNDES e outros agentes. XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Maturidade e desafios da Engenharia de Produção: competitividade das empresas, condições de trabalho, meio ambiente. São Carlos, SP, 12 a15 de outubro de 2010.

PASQUAL, Moacir. Relatório de avaliação 2007-2009. Trienal 2010. Área de avaliação: Ciências Agrárias I. Disponível para download em

<http://trienal.capes.gov.br/wp-content/uploads/2011/02/Relatório-de-Avaliação-2007-2009-Trienal-2010.pdf>. Acessado em: maio de 2011.

PDB. Política de Desenvolvimento da Biotecnologia/PDB (Decreto 6.041/2007). Brasília, DF, 2007.

PIERRO, Bruno. "Do bagaço à inovação". *Pesquisa FAPESP*. São Paulo: FAPESP, junho de 2013.

PINTEC. Pesquisa de Inovação 2011. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. Disponível em http://www.pintec.ibge.gov.br/downloads/pintec2011%20publicacao%20completa.pdf . Acessado em 26/05/2014.

PISANO, Gary. *Science Business: The Promise, the Reality, and the Future of Biotech*. Harvard Business School Press, 2006.

PIVETTA, Marcos. "Mais bits a serviço do DNA. *Pesquisa FAPESP*. São Paulo: FAPESP, fevereiro de 2013

PORTER, K.A., K.C. BUNKER WHITTINGTON, & W.W. POWELL. "The institutional embeddedness of high-tech regions: Relational foundations of the Boston biotechnology community". In: S. BRESCHI & F. MALERBA (Eds.), *Clusters, Networks, and Innovation*. Oxford, UK: Oxford University Press, 2005.

POWELL, KOPUT e SMITH-DOERR. "Interorganizational Collaboration and the Locus of Innovation: Networks of Learning in Biotechnology". *Administrative Science Quarterly*, vol. 41, n. 1., março de 1996.

POWELL, WHITE, KOPUT e OWEN-SMITH. "Network Dynamics and Field Evolution: The Growth of Interorganizational Collaboration in the Life Sciences". *AJS*, vol. 110, n. 4, janeiro de 2005.

POWELL, W. e GRODAL, S. "Networks of Innovators". In: FAGERBERG, J., MOWERY, D.C. e NELSON, R.R. (Eds.), *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford University Press, 2005.

RAPINI, M.S. "Interação universidade-empresa no Brasil: Evidências do Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq". *Estudos Econômicos*. Instituto de Pesquisas Econômicas, v. 37, 2007.

REIS, Carla et al. Biotecnologia para saúde no Brasil. *BNDES Setorial*. Rio de Janeiro, n. 32, 2010.

REZAIE, R. et al. "Brazilian health biotech – fostering crosstalk between public and private sectors". *Nature Biotechnology*, 26, 2008.

RIGHI e RAPINI. “Metodologia e Apresentação da Base de Dados do Censo 2004 do Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq”. In: SUZIGAN, W.; ALBUQUERQUE, E.; CARIO, S., *Em busca da inovação: interação universidade-empresa no Brasil*. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2011.

Rosa, E.S. e Garcia, J.L.F. “O etanol de segunda geração: limites e oportunidades”.. *Revista do BNDES*, Rio de Janeiro, n. 32, dezembro de 2009.

SÁ, Maria Fátima Grossi de. Documento de Área 2009. Área de avaliação: Biotecnologia. Disponível para download em <www.capes.gov.br/images/stories/download/avaliacao/BIOTEC18jun10.pdf>. Acessado em: junho de 2011.

SALERNO, M. e KUBOTA, L. “Estado e inovação”. In: KUBOTA, Luis e DE NEGRI, João (orgs.). *Políticas de incentivo à inovação tecnológica no Brasil*. Brasília: IPEA, 2008.

SANTANA, Paulo e AUCÉLIO, José Gilberto. “Trinta anos de políticas públicas no Brasil para a área de Biotecnologia”. *Parcerias Estratégicas*, n. 23, dezembro de 2006.

SANTOS, E. S. C.; ANDRADE, P. P. Panorama das Empresas Privadas de Biotecnologia de Pernambuco. Recife, 2008.

SAXENIAN, Analee. *Regional Advantage. Culture and Competition in Silicon Valley and Route 128*. Harvard University Press, 1994.

_____ *The New Argonauts: Regional Advantage in a Global Economy*. Boston: Harvard University Press, 2006.

SBPC. “Governo prepara Projeto de Lei para simplificar acesso ao patrimônio genético da biodiversidade brasileira”. *Jornal da Ciência*, 10 de abril de 2013 (2013a). Disponível em <http://www.jornaldaciencia.org.br/Detalhe.php?id=86578>. Acessadoo em: 18/3/2014.

_____. “SBPC alerta para a urgência da edição da Lei de Acesso ao Patrimônio Genético”. *Jornal da Ciência*, 6 de junho de 2013 (2013b). Disponível em <http://www.jornaldaciencia.org.br/Detalhe.jsp?id=8741606>. Acessado em: 18/3/2014.

SCHENBERG, Ana Clara Guerrini. “Biotecnologia e desenvolvimento sustentável”. *Estudos Avançados*, São Paulo , v. 24, n. 70, 2010.

SEADE. “Ciências da Vida Humana na Cidade de São Paulo”. São Paulo: Fundação SEADE, 2010.

SENADO. “CCT aprova projeto que simplifica acesso ao patrimônio genético”. Agência Senado. Comissões: Ciência e Tecnologia. 1/10/2013. Disponível em: <http://www12.senado.gov.br/noticias/materias/2013/10/01/cct-aprova-projeto-que-simplifica-acesso-ao-patrimonio-genetico>. Acessado em: 17/3/2014.

SENNES, R. Inovação no Brasil: políticas públicas e estratégias empresariais. Washington: Brazil Institute of the Woodrow Wilson ICS, 2009.

SIR. SIR World Report 2012: Global Ranking. 2012.

SHADLEN, Kenneth e FONSECA, Elize Massard. “Health Policy as Industrial Policy: Brazil in Comparative Perspective”. *Politics & Society*. Londres: Sage Publications, v. 41, n. 4, 2013.

SILVA, João Santana da. Relatório de avaliação 2007-2009. Trienal 2010. Área de avaliação: Ciências Biológicas III. Download em: <http://trienal.capes.gov.br/wp-content/uploads/2010/12/CB-III-RELATÓRIO-DE-AVALIAÇÃO-FINAL-dez10.pdf>. Acessado em: maio de 2011.

SILVEIRA, Evanildo. “Brancura total”. *Pesquisa FAPESP*. São Paulo: FAPESP, março de 2012.

SILVEIRA et al. Evolução recente da biotecnologia no Brasil. Texto para Discussão, n. 114, fev. 2004 Campinas: IE/UNICAMP n. 114, fevereiro de 2004.

SOETE, L., VERSPAGEN, B. e WEEL, B. Systems of innovation. Working Paper Series 2009-062. Maastricht: UNU-Merit, 2009.

SOUZA, André de Mello. “Legislações Internacionais”. In: Propriedade intelectual e aspectos regulatórios em biotecnologia. Graziela Ferrero Zucoloto e Rogério Edivaldo Freitas, organizadores. Rio de Janeiro: IPEA, 2013.

SUZANO. Site: <www.suzano.com.br>. Acessado em: 19/1/2014.

SUZIGAN, W.; ALBUQUERQUE, E.; CARIO, S.; “Introdução”. In: _____. *Em busca da inovação: interação universidade-empresa no Brasil*. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2011.

TORRES-FREIRE, C., ABDAL, A. e BESSA, V. “Conhecimento e tecnologia: atividades industriais e de serviços para uma São Paulo competitiva”. In: COMIN, A., TORRES-FREIRE, C. e WISSENBACH, T. (orgs.). *Metamorfoses paulistanas: atlas geoeconômico da cidade*. São Paulo: SMDU/Cebrap/Imprensa Oficial/Editora Unesp, 2012.

UNICA. União da Indústria de Cana-de-Açúcar (UNICA). Disponível em <http://www.unica.com.br>. Acessado em 20/11/2011.

VASCONCELOS, Yuri. “Bactérias mineradoras”. *Pesquisa FAPESP*. São Paulo: FAPESP, outubro de 2012 (2012a).

_____. “Inseto contra inseto”. *Pesquisa FAPESP*. São Paulo: FAPESP, maio de 2012 (2012b).

_____. “Mineração com microrganismos”. *Pesquisa FAPESP*. São Paulo: FAPESP, dezembro 2013.

VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro e VIEIRA, Adriana Carvalho Pinto. “A Inovação na Agricultura Brasileira: Uma Reflexão a Partir da Análise dos Certificados de Proteção de Cultivares”. Texto para discussão 1866. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, agosto de 2013.

VIOTTI, E. Brazil: From S&T to innovation policy? The evolution and the challenges facing Brazilian policies for science, technology and innovation. 2008. Disponível em <https://smartech.gatech.edu/handle/1853/36899>.

WADE, R. *Governing the Market: Economic Theory and the Role of Government in Taiwan's Industrialization*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1990.

ZUCOLOTO, Graziela Ferrero e FREITAS, Rogério Edivaldo. “Propriedade Intelectual e Aspectos Regulatórios em Biotecnologia: Brasil”. In: _____ (orgs.). *Propriedade intelectual e aspectos regulatórios em biotecnologia*. Rio de Janeiro: IPEA, 2013.