

**Evolução recente da biotecnologia no  
Brasil**

José Maria F. J. da Silveira

Maria Ester Dal Poz

Maria da Graça D. Fonseca

Izaías C. Borges

Marcelo Francisco Melo

**Texto para Discussão. IE/UNICAMP  
n. 114, fev. 2004.**

## **Evolução recente da biotecnologia no Brasil**

José Maria F. J. da Silveira<sup>1</sup>  
Maria Ester Dal Poz<sup>2</sup>  
Maria da Graça D. Fonseca<sup>3</sup>  
Izaías C. Borges<sup>4</sup>  
Marcelo Francisco Melo<sup>5</sup>

### **Resumo**

O presente trabalho procurou evidenciar o estágio atual da biotecnologia brasileira em três níveis importantes, o da pesquisa básica, do investimento público e do investimento nas empresas privadas. Ele está baseado em estudo feito para o [Ministério da Ciência e Tecnologia](#), como subsídio para o Programa de Biotecnologia e Recursos Genéticos. Tem como principal resultado a verificação da existência de um descompasso entre o que se avançou nas instituições públicas e o que existe de negócios em biotecnologia, principalmente no caso da biotecnologia vegetal. A despeito do poder da [Embrapa](#) – identificada como organização-chave – a biotecnologia vegetal no Brasil é fraca e acumula alguns fracassos no passado que resultaram na quase total internacionalização das empresas atuantes no país neste campo. No caso do setor de saúde humana, a diversidade é maior, existe não só um número maior de Organizações intermediárias que se articulam às Organizações-chave ([Fiocruz](#) e [Instituto Ludwig de Pesquisas contra o Câncer](#) – ILPC). Neste caso, a limitação continua sendo a passagem para produtos comercializáveis, principalmente biofármacos, com a capacidade de combinar interesse comercial e objetivos sociais. O trabalho mostra ainda que nos últimos dez anos houve avanços significativos no campo da pesquisa básica e da produção, mas ainda há diversos gargalos que podem comprometer o desenvolvimento futuro de um parque industrial em biotecnologia no país.

**Palavras-chave:** Biotecnologia; Competitividade; Empresas-chave.

### **Abstract**

The aim of this paper is to analyze the present state of commercial biotechnology in Brazil, focusing in its two most important branches: vegetal and human health. It is based on the results of a field research on biotechnology to fulfill a demand from the Ministry of Science and Technology (MCT) Program: Biotechnology and Genetic Resources. Some remarks are relevant to future policies to promote commercial biotechnology: a) Public Key-Organizations are the core of a Long Run Process to create

---

(1) Professor Doutor do Instituto de Economia e GEOPI do Instituto de Geociências da Unicamp e coordenador do NIMQAE.

(2) Pesquisadora do GEOPI – Departamento de Política Científica e Tecnológica do Instituto de Geociências da Unicamp.

(3) Professora Adjunta do Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ.

(4) Msc. Pesquisador do NEA do Instituto de Economia da Unicamp.

(5) Economista/Pesquisador do NEA do Instituto de Economia da Unicamp.

a private biotechnology activities in the country; b) The market-assisted policies, like incentives to promote venture capital markets, demands a technical and institutional support from Key-Biotechnology Organizations. Comparing two main biotechnology research field, the paper shows that an excessively burden is put on Embrapa shoulders to promote vegetal biotechnology commercialization in Brazil. On the other hand, there is a more pervasive institutional framework in human health research field, with a larger set of possibilities to combine commercial opportunities with social achievements from biotechnological research.

**Key words:** Biotechnology; Business promotion; S&T&I police framework.

## **Introdução**

A biotecnologia moderna se caracteriza pela elevada dependência da pesquisa em ciências básicas, pela multidisciplinaridade e complexidade, pela aplicação em diversos setores produtivos, pela elevada incerteza/riscos e pelos elevados custos das atividades de pesquisa e de desenvolvimento das aplicações comerciais.

Estas características fazem com que o desenvolvimento da biotecnologia exija um sistema complexo de interação entre diversos agentes. A organização das atividades inovativas e comerciais é caracterizada por um elevado grau de complexidade. Nas palavras de Orsenigo, *“Large and small companies, universities, public agencies established a variety of complex relationships, encompassing cooperation and competition, contractual and hierarchial forms of interaction”* (Orsenigo, 1989, p. 3).

Além dos problemas estritamente tecnológicos, a Biotecnologia exige ainda uma gestão tecnológica especializada na definição de estratégias mercadológicas e administrativas corretas. O desenvolvimento de uma Biotecnologia competitiva e socialmente justa exige uma interação com disciplinas como o Direito, a Economia, a Administração de Empresas e a Ecologia, entre outras. Estas disciplinas são essenciais para elucidação de problemas importantes como a gestão tecnológica, propriedade intelectual, normalização técnica, controle e certificação de qualidade e licenciamento e regulação dos impactos ambientais decorrentes do uso de processos e produtos biotecnológicos.

Assim, o desenvolvimento da biotecnologia exige: uma forte base acadêmica e científica; um setor produtivo capaz de transformar a produção acadêmica e científica em bens e serviços; e a criação de um ambiente institucional que ofereça ao mesmo tempo segurança ao empresário inovador e a sociedade como

um todo contra aos riscos inerentes às atividades investigativas e produtivas no campo da biotecnologia.<sup>6</sup>

No item dois será analisado a evolução da biotecnologia na década de 90 no Brasil com base em três conjuntos de fatores: a pesquisa acadêmica, a empresa privada e o papel do setor público. No item três será analisado o panorama mundial e nacional da biotecnologia em duas áreas específicas: saúde humana e agricultura.

## **1 A evolução recente da biotecnologia no Brasil**

### ***A Pesquisa***

Em 2000, a pesquisa em biotecnologia no Brasil apresentava os seguintes números: 6.616 pesquisadores, distribuídos em 1.718 grupos e 3.814 linhas de pesquisas. As ciências agrárias e médicas contavam, respectivamente, com 1.075 e 503 linhas de pesquisa. (Salles Filho et al., 2002).

Nos últimos anos a comunidade científica brasileira desenvolveu uma respeitável capacidade de manipulação das novas ferramentas da biotecnologia, tais como a tecnologia do DNA recombinante e as pesquisas genômicas e proteômicas. O Projeto Genoma Brasileiro ganhou notoriedade por tornar-se o primeiro do mundo a sequenciar um fitopatógeno: a bactéria *Xyllela fastidiosa*, causadora da doença do amarelinho em cítricos. O avanço da pesquisa em biotecnologia no Brasil a partir dos anos 90 pode ser visto pela [Tabela 1](#), onde o número de grupos de pesquisa criados anualmente praticamente dobrou em relação aos anos 80.

---

(6) Zarrilli (2000), ao analisar os benefícios e custos dos produtos da biotecnologia, distingue duas naturezas de riscos: os riscos inerentes a tecnologia e aqueles que vão além da tecnologia em si. Os primeiros estão associados com as ameaças à saúde e ao meio ambiente, que devem receber um tratamento técnico-científico. Os segundo estão associados com os impactos sociais, econômicos, culturais, etc. e devem ser tratados com medidas no campo jurídico e político, com a regulação das condutas das empresas multinacionais proprietárias das tecnologias para o desenvolvimento de produtos biotecnológicos.

Tabela 1  
Evolução do número de grupos de pesquisa em biotecnologia no Brasil

Ano	Número de grupos criados
Até 1980	181
1981 – 1985	149
1986 – 1990	229
1991 – 1995	441
1996	89
1997	141
1998	87
1999	90
2000	310

Fonte: Salles-Filho et al. (2002).

### 1.1 As Empresas Privadas

Atualmente a biotecnologia integra a base produtiva de diversos setores da economia brasileira, com um mercado para produtos biotecnológicos que atinge aproximadamente 3% do PIB nacional. Estudo realizado em 2001 pela Fundação Biomina, com base em dados da Base de Dados Tropicais (BDT) e da Associação Brasileira de Empresas de Biotecnologia (ABRABI), identificou a existência de 304 empresas de biotecnologia no país, distribuídas em 10 segmentos de mercado (ver [Quadro 1](#)).

Segundo as estimativas deste mesmo estudo, a Bio-indústria no Brasil faturou um valor entre R\$ 5,4 a R\$ 9 bilhões de reais (US\$ 2,3 a US\$ 3,9 bilhões) em 2000. Quanto à geração emprego, o estudo da fundação Biomina estimou um total de 27.825 postos de trabalho, uma média de 91 postos por empresas.

Este estudo mostrou ainda que o parque nacional de empresas de biotecnologia no Brasil apresentava concentração regional e setorial (ver [Quadro 2](#)). Das 304 empresas, 81% estavam concentradas em três estados: São Paulo (42%), Minas Gerais (29%) e Rio de Janeiro (9%). Quanto à distribuição setorial, 55% das empresas se concentravam em três segmentos de mercado: 24% na saúde humana, 17% no fornecimento de equipamentos e insumos e 14% no agronegócios.

Quadro 1  
Segmentos de mercado das empresas de biotecnologia

1.	Saúde Humana: Diagnósticos, fármacos, fitofármacos, vacinas, soros, biodiversidade
2.	Saúde Humana, Animal e Vegetal: Identificação genética, Análise de transgênicos
3.	Saúde Animal: Veterinária, reprodução animal, vacinas, probióticos, aquacultura
4.	Agronegócio: Melhoramento de plantas, transgênicos, produtos florestais, plantas ornamentais e medicinais, flores, bioinseticidas, biofertilizantes, inoculantes
5.	Meio Ambiente: Biorremediação, tratamento de resíduos, análises
6.	Instrumentais complementares a Biotecnologia: Software, internet, bioinformática, e-commerce, P&D
7.	Industriais: Química fina, enzimas
8.	Em sinergia: Biomateriais, biomedicina, consultoria em biotecnologia
9.	Fornecedores: Equipamentos, insumos, suprimentos
10.	Empresas Multinacionais, públicas e outras

Fonte: Fund. Biominas (2001).

Quadro 2  
Parque Nacional de Empresas de Biotecnologia no Brasil em 2001:  
distribuição por segmentos de mercado e por Estados

Segmentos de Mercado	Diretório de Empresas (N=304)			Diretório de Empresas Estados de Maior Concentração n=272 (90% de N)				
	N.o	%	% Só	SP (n=129)	MG (n=89)	RJ (n=28)	PR (n=16)	DF (n=10)
	Total	Total	SP+MG	% sobre o total para o Brasil				
Saúde Humana	74	24	72	27	45	16	5	–
Saúde Hum., Anim. e Veg.	14	4	79	36	43	–	–	14
Saúde Animal	14	4	64	21	43	–	7	–
Agronegócio	37	12	57	35	22	8	13.5	13.5
Meio Ambiente	14	4	78	14	64	14	–	7
Instrumental Complementar	11	3	63	45	18	–	9	9
Química Fina/Enzimas	18	6	63	28	5.5	–	5.5	–
Em Sinergia	15	5	73	13	60	7	–	–
Fornecedores	51	17	92	76	16	2	2	–
MNCs, Públicas, Fármacos, Genéricos	66	22	64	53	11	14	4	1.5
Total	304	100	71	42	29	9	5	3

Fonte: Fund. Biominas (2001).

## **1.2 O Papel do Setor Público**

Para o progresso recente da biotecnologia no Brasil foi crucial a iniciativa do Setor Público, que tem se destacado como o principal agente na sua promoção. Além dos investimentos na formação de recursos humanos, através das universidades públicas e das pesquisas que são produzidas em instituições como Embrapa e Fiocruz, o Estado tem-se destacado nos últimos anos por políticas de fomento através de criação de programas e fundos de financiamento e na criação de leis específicas, tais como as relacionadas com a biossegurança e com os direitos de propriedade intelectual (Assad, 2001).

### **1.2.1 As Políticas de Fomento as Pesquisas Genômicas**

#### **➤ Governo Federal: Programa de Biotecnologia e Recursos Genéticos e o Projeto Genoma Brasileiro**

O Programa de Biotecnologia e Recursos Genéticos foi criado pelo Governo Federal em 2000, coordenado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), em parceria com o CNPq e FINEP e com participação da Embrapa e Fiocruz. A ênfase do Programa tem sido ações destinadas a conservar recursos genéticos e ao desenvolvimento de produtos e processos biotecnológicos com aplicações na produção industrial, na agropecuária e na saúde humana.

Em 2001 foi instituído, por meio da Lei n. 10.332 de 19 de dezembro, o Fundo Setorial de Biotecnologia – CT-Biotecnologia, com o objetivo de incentivar o desenvolvimento científico e tecnológico brasileiro, por meio de financiamento de atividades de pesquisa e desenvolvimento científico-tecnológico de interesse na área de biotecnologia e recursos genéticos. O Fundo tem com fonte de recursos a parcela de 7,5% da Contribuição de Intervenção de Domínio Econômico (CIDE).

Foi instituindo ainda o Comitê Gestor do Fundo, com representantes dos ministérios da Ciência e Tecnologia, Saúde, Agricultura e Pecuária, da FINEP, do CNPq e por membros do segmento acadêmico e do setor industrial.

O Fundo tem com principal objetivo aumentar as competências no Brasil nas áreas de pesquisa em biotecnologia, especialmente nas pesquisas genômicas, através de parcerias entre instituições de ensino, pesquisa científica e desenvolvimento tecnológico e setor empresarial.

O Projeto Genoma Brasileiro (PGB) foi lançado em dezembro de 2000, pelo MCT e o CNPq. O PGB conta com a participação de 25 laboratórios de biologia molecular, distribuídos por vários estados (ver [Quadro 3](#)).

Quadro 3  
Redes Genômicas criadas pelo Projeto Genoma Brasileiro

Redes	Projeto	Coordenação
Rede Centro Oeste	Genoma Funcional e Diferencial de <i>Paracoccidioides brasiliensis</i>	Maria Sueli Soares Felipe – UnB/IB
Rede Genoma de Minas Gerais	Criação da Rede Genoma do Estado de Minas Gerais	Naftale Katz – FAPEMIG
Rede Genoma do Nordeste	Seqüenciamento de <i>Leishmania chagasi</i>	Paulo Paes de Andrade – UFPE
Programa de Implantação do Instituto de Biologia Molecular do Paraná	Genômica funcional do processo de diferenciação celular do <i>Trypanosoma cruzi</i> : seleção e caracterização de novos genes e análise de novos alvos quimioterápicos	Samuel Goldenberg – IBMP
Programa Genoma do Estado do Paraná – GenoPar	Genoma estrutural e funcional da bactéria fixadora de nitrogênio endofítica <i>Herbaspirillum seropedicae</i> .	Fábio de Oliveira Pedrosa – UFPR
Programa de Implantação da Rede Genoma do Estado do Rio de Janeiro	Seqüenciamento do genoma de <i>Gluconacetobacter diazotrophicus</i>	Paulo Cavalcanti Gomes Ferreira
Ampliação da Rede de Genômica no Estado da Bahia	Genoma do fungo <i>Crinipellis perniciosus</i> causador da doença "vassoura de bruxa" nos cacauais	Gonçalo Amarante Guimarães Pereira – UNICAMP
Rede da Amazônia Legal de Pesquisas Genômicas	Análise genômica de <i>Paullinia culpana</i> : o guaranazeiro	Spartaco Astolfi Filho – UFAM
Programa de Investigação de Genomas Sul	Rede Sul de Análise de Genomas e Biologia Estrutural	Arnaldo Zaha – CBIOT – UFRGS

Fonte: MCT (2003).

### ➤ Governo do Estado de São Paulo: Projeto Genoma Fapesp

A pesquisa genômica teve início no Brasil em maio de 1997, com a iniciativa da FAPESP em organizar a Rede ONSA (do inglês, Organização para o Sequenciamento e Análise de Nucleotídeos), instituto virtual de genômica formado inicialmente por 30 laboratórios de diversas instituições de pesquisa do Estado de São Paulo.

A FAPESP tem desempenhado um papel crucial no desenvolvimento do projeto Genoma, financiando a maior parte dos projetos desenvolvidos. A seguir apresentamos os Projetos Genoma financiados pela Fapesp (ver [Quadro 4](#)).

Quadro 4  
 Projetos Genoma financiados pela Fapesp

Projeto	Descrição
<i>Xylella fastidiosa</i>	Com esta iniciativa, o Brasil tornou-se o primeiro país a sequenciar o genoma de um fitopatógeno, a bactéria <i>Xylella fastidiosa</i> , causadora da praga do amarelinho em cítricos. O projeto foi realizado em parceria com o Fundo de Defesa da Citricultura (Fundecitrus) e foi concluído em novembro de 1999.
Genoma Cana	O Genoma Cana, iniciado em 1988, identificou 50 mil genes da cana-de-açúcar para descobrir genes envolvidos com o desenvolvimento, a produção e o teor de açúcar da planta, assim como sua resistência a doenças e a condições adversas de clima e solo.
Genoma Humano do Câncer	Em menos de um ano foi possível identificar um milhão de seqüências de genes de tumores mais freqüentes no Brasil. Como consequência, foi criado o projeto Genoma Clínico do Câncer, que visa desenvolver novas formas de diagnóstico e tratamento do câncer a partir do estudo de genes expressos.
Genoma <i>Xanthomonas</i>	Este projeto foi concluído em 2002 e mapeou variantes da bactéria que causam o cancro cítrico e atacam outros vegetais.
Projeto FORESTS	Anunciado em 2001, este projeto visa o sequenciamento de parte do genoma do Eucalipto, com o objetivo de melhorar a matéria-prima utilizada na produção de papel e celulose.
<i>Schistosoma mansoni</i>	Em julho de 2002 foi concluída a identificação de 200 novos genes associados aos estágios de vida deste parasita causador da esquistossomose, que abriu novas perspectivas de combate à doença
<i>Leifsonia xyli</i>	Concluído em junho de 2002. Esta bactéria ataca a cana-de-açúcar e reduz em até 27% a biomassa aproveitável para a produção de açúcar e álcool.
Genoma Funcional do Boi	Projeto iniciado em maio de 2002, em parceria com Central Bela Vista Genética Bovina.

Fonte: Fapesp.

### 1.2.2 As Instituições-Chave

A definição de organização-(pública ou privada)-chave utilizada no presente estudo se aproxima substancialmente daquela formulada por Lemos (2000), levemente adaptada: a habilidade de uma firma ou instituição de assumir uma liderança organizacional e tecnológica no processo de interação com outros agentes inovadores (em biotecnologia, principalmente, mas não só) em um ambiente local específico. Seria pois fundamental para atrair novas empresas, desenvolver sinergias, escolas de treinamento de recursos humanos, desenvolver *marketing* específico para certo grupo de produtos e atrair investimentos.

Finalmente, deveria criar competência para o relacionamento com outras áreas. As áreas de *Boston* e a *Bay Area* (São Francisco) nos EUA são exemplos bem sucedidos da formação de *clusters* em biotecnologia. A replicação da experiência desses pólos em outras regiões dos EUA não foi tão bem sucedida, em parte devido ao diferencial de capital humano oferecido pelas instituições de pesquisa dessas duas regiões.<sup>7</sup>

A importância das organizações públicas vem do fato de estarem solidamente amparadas em fundos públicos, não sofrendo as restrições impostas às empresas nascentes, de pequeno porte. Por outro lado, seu avanço depende, em um contexto de crise fiscal e modernização da economia, do estabelecimento de formas contratuais virtuosas, em que o resultado do desenvolvimento tecnológico seja efetivamente transferido e permita à outra parte atuar como reclamante do fluxo de rendimentos não especificados em contrato, ser reclamante residual e ainda adicionar valor pelo desenvolvimento tecnológico “in house”. Esse desafio é fundamental para que o processo seletivo das novas empresas não seja determinado por restrições creditícias, por limitações impostas pelo sistema de distribuição e marketing e pelas ausências de economias externas que favoreçam o crescimento com base em ganhos sub-aditivos.

No [Quadro 5](#) estão apresentadas as principais organizações chave no desenvolvimento da biotecnologia no Brasil, onde quatro atuam na área de saúde e duas na agropecuária. Entre estas organizações, a maioria é pública. Mais de 80% das atividades e dos investimentos em biotecnologia no Brasil estão localizados em universidades e instituições públicas de pesquisa, onde se concentram mais de 90 % do pessoal qualificado. Além das instituições de pesquisas, no [Quadro 5](#) foi incluída também a Fundação Biominas, que tem importância crucial no desenvolvimento da biotecnologia no Estado de Minas Gerais, pois além de incubar diversas empresas, presta diversos serviços, como assistência de infra-estrutura, tecnológica e ainda ajuda as empresas em financiamentos. O fator financiamento é um dos obstáculos ao crescimento das empresas de biotecnologia, principalmente para as empresas pequenas.

---

(7) Em nosso trabalho, a visão de desenvolvimento local não cumpre um papel tão importante, sendo pois as organizações-chave de um alcance mais amplo, inclusive nacional. A biotecnologia não deve ser vista como um elemento de uma (necessária) estratégia de descentralização regional do país. Isso representaria uma forte perda de fôca, dada as limitações evidentes na disponibilidade de massa crítica em ciência e tecnologia quando se compara com o Brasil com centros geradores de inovações em biotecnologia no mundo.

Quadro 5  
Organizações chave de pesquisa e fomento da biotecnologia no Brasil

Instituições	Origem do capital	Atribuições
Instituto Butantã	Público Federal	Produz soros, vacinas, surfactantes, anatoxinas e hemoderivados para utilização do setor público de saúde humana no Brasil. Além disso, realiza pesquisa básica e de cunho tecnológico.
Fundação Oswaldo Cruz	Público Federal	A Fundação Oswaldo Cruz, por meio de suas unidades de produção e de pesquisa, Bio-Manginhos e Far-Manginhos, tem desempenhado um papel de liderança nas atividades ligadas à saúde pública no Brasil. Assim como nos outros laboratórios de vacinas, as suas atividades de produção são basicamente orientadas para o mercado institucional através do Ministério da Saúde. Produz 60% da produção nacional de vacinas.
Instituto de Tecnologia do Paraná – Tecpar	Público estadual	A Tecpar é uma das três instituições públicas que produzem vacinas animais e humanas no Brasil, embora a sua especialização básica esteja voltada para a área animal. Os principais clientes são o Ministério da Saúde (vacinas) e Ministério da Agricultura (antígenos). A sua linha de produtos inclui vacinas e substâncias diagnósticas <i>in vitro</i> e <i>in vivo</i> bem como produtos biológicos.
Instituto Ludwig	Privado	O Instituto Ludwig de Pesquisas contra o Câncer – ILPC – é uma instituição internacional de pesquisa que possui laboratórios nos EUA, Europa e Japão. Em São Paulo está instalado junto ao Hospital do Câncer – AC Camargo, da Fundação Antonio Prudente. Representa importante agente de fomento à parceria científica com a comunidade médico-acadêmica da USP e Unifesp e da própria Fundação.
Embrapa	Público Federal	Criada há 25 anos, a Empresa Brasileira de Pecuária e Agricultura desenvolve técnicas agropecuárias, realiza pesquisa técnico-científica, promove os agronegócios nos níveis local, regional e nacional
IAC	Público Federal	O centro dos projetos de C&T do instituto é o melhoramento genético de mais de uma dezena de culturas, nos grandes grupamentos de hortaliças, café, algodão e graníferas.
Fundação Biominas	Privada, sem fins lucrativos	Criada em 1990 por nove empresas de Biotecnologia. Possui uma incubadora de empresas desde de 1992. Em 2001, contava com 11 empresas incubadas e com um total de 263 produtos registrados no ministério da saúde. Além de incubadora, a Fundação possui um fundo de investimentos para financiar projetos de desenvolvimento tecnológico.

Fonte: Silveira et al. (2002); Fajnzylber (2002).

Além destas organizações citadas acima, é importante destacar ainda o papel desempenhado pelas Universidades Públicas no Brasil, que além de desenvolver as atividades de formação de recursos humanos, realizam pesquisas, prestam serviços à população e empresas e atuam ainda como incubadoras de empresas. A proximidade entre as empresas de biotecnologia no Brasil e as universidades é muito grande. Normalmente, os fundadores das empresas são professores e pesquisadores de grandes empresas, como é o caso da Allelyx, RDBiotec e outras. Segundo Fajnzylber (2002), em 1999, das 14 empresas

incubadas na Fundação Biominas, 9 eram *spin-offs* da Universidade Federal de Minas Gerais. As parcerias com as organizações chave e universidades tem se destacado como uma importante estratégia para diversas empresas na área de biotecnologia. Estas parcerias ficam mais evidentes nas áreas da saúde humana e da agricultura.

Algumas organizações, como a Fundação Osvaldo Cruz, além das parcerias com empresas no Brasil, mantém ainda convênios com instituições de pesquisas de várias partes do mundo. No ano 2000 mantinham 56 convênios internacionais, sendo 16 no Continente Americano, 7 na Ásia, 23 na Europa, 1 na Oceania e 7 com instituições internacionais como a OMS, UNESCO e UNAIDS, entre outras. Três convênios são mantidos com a China e outros 3 com Israel. Estes convênios viabilizam relações de caráter técnico e financeiro com o ambiente externo à Instituição. Segundo Salles Filho et al. (2000) desde 1996 os convênios passam a ser mais importantes do que a venda de serviços, como instrumento de captação de recursos. A maior parte das transações passa através de convênios realizados no Brasil e decorrem de encomendas ao Ministério da Saúde pelo Programa Nacional de Imunização (cerca de 36% dos convênios). Entre as empresas privadas, o Grupo Vallée se destaca pela quantidade de parceria com as organizações públicas e universidades. A Vallée tem um faturamento bruto de R\$ 80 milhões, 5% dos quais são investidos em P&D. Estabelece uma média de parcerias para pesquisa com 6 universidades por ano e realiza desenvolvimento interno de produtos. O [Quadro 6](#) apresenta algumas das parcerias entre as organizações chave, universidades e empresas para diversos fins, como para produção de fármacos e de vacinas e para realização de pesquisas na área de biotecnologia.

A maciça participação das instituições públicas na promoção da biotecnologia no Brasil pode ser ao mesmo tempo um ponto forte e um fator limitante para o seu desenvolvimento no Brasil. É um ponto forte porque muitas pesquisas e produtos são investimentos de alto risco, o que impede a participação de empresas privadas, principalmente em países como o Brasil, onde o sistema de financiamento para estes tipos de investimentos é muito incipiente. Por outro lado, as limitações surgem pelo fato de grande parte das pesquisas e investimentos em formação de recursos humanos estão dependentes de recursos públicos. O sucateamento de equipamentos e da infra-estrutura física de muitos centros de pesquisa e de formação profissional, por exemplo, pode ser um fator limitante. Outro fator limitante é a grande dependência externa em relação a equipamentos e materiais para pesquisas e desenvolvimento de produtos. Para muitos pesquisadores o desenvolvimento de uma indústria de equipamentos e reagentes é essencial para o Brasil dar continuidade no processo de desenvolvimento da biotecnologia sem se afastar da fronteira tecnológica. Em resumo, o Brasil possui uma boa estrutura de

pesquisa e produção na área de biotecnologia, mas existem alguns gargalos que podem comprometer o seu desenvolvimento futuro, como a carência de profissionais em algumas áreas específicas, a falta de produção interna de equipamentos e materiais e a infra-estrutura deficiente de muitas instituições. Todas estas deficiências apenas evidenciam a importância que terá no futuro o aprofundamento das parcerias e cooperações entre setor público e empresas privadas.

Quadro 6  
Parcerias – Organizações chave, universidades e empresas

Parcerias	Objetivos
Bio – Manguinhos e Glaxo SmithKline	Vacina conjugada contra <i>Haemophilus influenzae</i> tipo b (Hib), a partir de um processo de absorção tecnológica previsto para ser concluído em 2003, marcando a primeira articulação tecnológica entre um produtor nacional e uma líder do setor farmacêutico
Instituto Butantã e Aventis	Vacina contra a gripe, cujo desenvolvimento está em fase inicial.
Instituto Butantã, USP e Sadia	Produção de Biofármacos de impacto social: eritropoietina, surfactante.
Instituto Butantã – CAT, Biosintética, Biolab-União Química e Vallée	Produção de fármacos
Instituto Butantã – CAT e <i>Centre de Énergie Atomique</i> , da França	Pesquisa de estrutura molecular de proteínas.
Instituto Butantã – CAT e Universidade do Japão	Programa de desenvolvimento de anti-hipertensivo
Butantã e Tecpar	Produção de vacina: contra raiva para uso humano, vacina tríplice
TEpar e Bio Manguinhos	Transferência de tecnologia para produção de vacinas contra influenza
Far Manguinhos/Fiocruz e Cristália	Produção de fármacos: Ritonavir (microemulsão em cáps. mole), Saquinavir (microemulsão em cáps. mole), Ritonavir + Saquinavir (associação, microemulsão) e Novos Inibidores de Protease
Far Manguinhos/Fiocruz e Roche	Produção de fármacos: Benzonidazol
Far Manguinhos/Fiocruz e Médicos sem fronteiras	Produção de Antiretrovirais/Medicamentos para doenças negligenciadas.
Far Manguinhos/Fiocruz e Glaxo Smithkline	Produção de fármacos: Abacavir, Amprenavir, Fosamprenavir
Far Manguinhos/Fiocruz e OMS	Produção de fármacos: Megazol
Biobrás, UFRJ, Instituto Biológico – SP, Instituto Pasteur – SP, UFSC e Vallée	Produção de Vacina contra brucelose
Embrapa e Vallée	Controle de <i>Clostridium</i> , produção de Somatofina suína em pré-teste
Universidade de Viçosa, Embrapa e Vallée	Desenvolvimento de um Antiparasitário contra mosca-do-chifre
IAC e Copersucar	Desenvolvimento de novas variedades na agroindústria sucro-alcooleira.

Fonte: Silveira et al. (2002).

### **1.2.3 O Financiamento ao Capital de Risco**

O Setor público tem se destacado também no esforço de financiamento de atividades tecnológicas com a criação de programas específicos de investimentos em capital de riscos. Estes programas tem como objetivo ajudar as pequenas e médias empresas de base tecnológica em diversos setores. As duas principais iniciativas de financiamento ao capital de risco do Governo Federal foram:

#### **➤ Programa Inovar/MCT-FINEP**

Este Programa visa preencher uma das principais lacunas no desenvolvimento da biotecnologia no Brasil: a escassez de capital de risco. O Programa Inovar tem como objetivo promover Investimentos de Capital de Risco em pequenas e médias empresas de base tecnológica.

Através da Rede Inovar de Prospecção e Desenvolvimento de novos Negócios, o Programa busca a articulação entre incubadores de empresas, centros de pesquisa, universidades, agências de fomentos federais e estaduais e empresas, estimulando o desenvolvimento de negócios, prestando serviços de consultoria a empresas e gestores de fundos.

#### **➤ Programa de Capacitação de Empresas de Base Tecnológica – BNDES**

Este programa foi criado em 1988 pelo BNDES através de seu subsidiário BNDES-Participações (BNDESPAR). Foi uma das primeiras experiências no Brasil em termos de financiamento da inovação tecnológica com capital de risco. O objetivo do Programa é financiar pequenas e médias empresas de base tecnológica.

Desde a sua criação até 2000, foram aplicados US\$ 44,17 milhões. Deste valor, mais da metade foi aplicado em quatro setores: telecomunicação, ecologia, biotecnologia e eletrônica. Biotecnologia foi o terceiro setor que mais recebeu recursos através deste programa desde a sua criação, com 11,5% do total (Gonçalves, 2002).

### **1.2.4 A Regulamentação**

Em relação a regulamentação, algumas medidas foram tomadas pelo governo nos últimos anos em prol do desenvolvimento da biotecnologia. Dentre estas medidas destaca-se a criação de um quadro regulatório das atividades relacionadas com a biotecnologia moderna. A criação deste ambiente institucional propício a investimentos no setor contou com as seguintes medidas (Wilkinson, 2002):

- Lei de Patentes: Editada em 14 de maio de 1996.
- Lei de Proteção aos Cultivares: Promulgada em 25 de abril de 1997.
- Lei n. 8.974: Lei promulgada em janeiro e regulamentada por dois decretos, um em 1995 e outro em 1998, que dispõem sobre a vinculação, competência e composição da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança.
- Lei de Acesso aos recursos Naturais: os projetos da Lei Nacional de Acessos aos Recursos Genéticos e seus Produtos Derivados ainda se encontram em discussão na Comissão de Assuntos Sociais do Senado e sem aprovação.

### **1.3 Obstáculos ao desenvolvimento da biotecnologia no Brasil**

#### **1.3.1 A Infra-Estrutura**

Um dos grandes desafios para o desenvolvimento da pesquisa científica no Brasil, especialmente em relação à biotecnologia, é a dificuldade enfrentada pelas instituições de pesquisas na aquisição de máquinas e equipamentos. Esta dificuldade está relacionada com a falta de recursos e com as dificuldades encontradas para importações, já que a produção nacional é incipiente ou inexistente. Quando há a disponibilidade de recursos, que normalmente são descontínuos, existem ainda duas dificuldades para as instituições: a burocracia para realizar as importações e as constantes oscilações da taxa de câmbio, que em alguns momentos reduz o poder de compra destas instituições, já estas recebem seus recursos em moeda nacional (Couri, 2003; Iziq, 2002).

As dificuldades das instituições para adquirir e manter suas máquinas e equipamentos, tornam-se mais evidentes quando analisamos estas instituições por um corte regional. Segundo Couri (2003), 88 % dos equipamentos em uso no país se concentram nas regiões Sul e Sudeste. Enquanto a relação de equipamentos PCR/instituição é de 1,60 na região Centro-Oeste, 1,20 no Sudeste e 1,00 no sul; nas regiões Nordeste e Norte esta relação é de 0,50 e 0,60 respectivamente.

Os casos mais dramáticos são as Universidades Públicas Federais das regiões Norte e Nordeste, onde a vários anos que não recebem recursos para a manutenção da infra-estrutura. Os grandes problemas nestas instituições são o fornecimento inadequado de energia elétrica (que prejudica um funcionamento adequado dos equipamentos), de fornecimento de água (há casos de universidades

no Nordeste que utiliza água de poço, sem qualidade adequada para pesquisas, o que a obriga comprar toda água que precisa para pesquisas) e carência de espaço físico. O [Quadro 7](#) resume os principais gargalos e soluções tal como sugeridas pelas principais instituições públicas de pesquisa (Couri, 2003).

Quadro 7  
Gargalos e soluções para o desenvolvimento da biotecnologia no Brasil,  
segundo a opinião das principais instituições de pesquisa no Brasil

Gargalos	Soluções
Domínio de diferentes metodologias em Biologia Molecular – O desenvolvimento de <i>biochips</i> de alta tecnologia com os respectivos equipamentos de leitura.	Investimento em bolsas para alunos de pós-graduação e pós-doutoramento e auxílios para pesquisa e linhas de financiamento confiáveis.
Pouco recurso financeiro para a pesquisa, principalmente nas regiões Norte e Nordeste	Fortalecimento das FAPs.
Inadequação da política de distribuição de recursos econômicos,	Maiores representatividade e transparência, dos interessados, maior subdivisão de áreas e descentralização de recursos
Política de contratação de recursos humanos com dedicação efetiva para prestação de serviços;	Contratação e fixação de técnicos especializados, remuneração compatível do profissional. Criar Centrais Analíticas por regiões Treinamento de técnicas específicas no exterior.
Biossegurança	Investimento na adequação de laboratórios com nível de segurança maior de 01.
Bioinformática	Bolsas para o treinamento de profissionais
Recursos financeiros para manutenção e aquisição de equipamentos.	Contratos de manutenção preventiva com as empresas de equipamentos, evitando o sucateamento. Recursos para a aquisição.
Equipamentos específicos (bioreatores de tamanhos diversos).	Linha de financiamento e manutenção desses equipamentos;
Interação entre as áreas biológicas e as de engenharia;	Projetos pontuais como o genoma, envolvendo diferentes áreas.
Distribuição de seqüenciadores no Brasil.	Contemplar outros laboratórios através de outros programas de pesquisa.
Bibliotecas com material bibliográfico diversificado, atualizado e relevante	Compartilhar bibliotecas com rapidez (COMUT é lerdó!); atualização de assinaturas relevantes
Implantação de ensaios específicos com linhagens de células transformadas para testes farmacológicos	Recursos financeiros e treinamento de profissionais; aquisição, entrega e manutenção de organismos utilizados em ensaios
Aquisição, entrega e manutenção de organismos utilizados em ensaios	Facilitar o processo de importação e estabelecimento de convênios específicos;
Aquisição e conservação de material de consumo específico para ensaios biológicos	Recursos financeiros e treinamento de profissionais

Continua...

Quadro 7 – Continuação

Gargalos	Soluções
Burocracia, morosidade e inadequação das condições com que se obtém materiais biológicos, reagentes e equipamentos para a pesquisa. Esses produtos são normalmente sobretaxados e saem muito mais caros para o Brasil do que para os países onde são produzidos, tornando-nos reféns dos grandes distribuidores internacionais.	Estimular indústrias nacionais (ou seminacionais) a produzirem equipamentos e matéria prima de alta qualidade para setores de desenvolvimento em biotecnologia. O mesmo deve ser feito em relação ao ensino e a literatura técnico-científica colocada à disposição dos órgãos de ensino e pesquisa no País e criar formas de agilizar estes processos, principalmente os alfandegários
Projetos institucionais em longo prazo independentes de interesses empresariais imediatos.	Projetos e parcerias devem continuar existindo com investimentos objetivos e institucionalizados. Formar uma rede nacional de informações sobre impacto ambiental, biodiversidade, certificação biológica e geração de novos produtos e formulações.
Política de ciência e tecnologia séria, voltada para a geração de novos mercados.	Não ficar atrelado a um mercado internacional hostil e mutável.
Falta de política científica de desenvolvimento estratégico;	Diminuir a burocracia do serviço público; aumentar os investimentos financeiros e ter um processo contínuo; melhorar a qualidade de assistência técnica e o grau de exigência e crítica qualificada; fazer uma revisão dos currículos de formação profissional buscando as mudanças de perfis; aumentar o incentivo na geração de profissionais qualificados em patentes; criar um mecanismo para estimular à assimilação dos resultados obtidos pela iniciativa privada.
Desestímulo a entrada de novos profissionais na área acadêmica em geral. Os melhores estudantes fogem dessas áreas indo procurar abrigo em outras carreiras onde terão melhores salários e serão profissionalmente reconhecidos	Melhorar os salários dos profissionais, maior apoio à pesquisa por parte do governo com financiamento adequando aos projetos de pesquisa.
Influência na aprovação de projeto direcionando os recursos para o eixo Rio-São Paulo.	Levar em consideração outros estados da federação.
Deficiência no fornecimento das utilidades.	Reforma da infra-estrutura e redes.
Desconhecimento da infra-estrutura existente (física e humana).	Montar um grande banco de dados sobre equipamentos disponíveis nos vários laboratórios junto com as informações sobre os grupos existentes (DIRETÓRIO-CNPq)
Os grupos de pesquisas de biotecnologia são incipientes, especialmente na região Norte,	Investimento maciço em infra-estrutura, associado à salários atrativos para que pesquisadores do Sul e Sudeste se disponham a vir para esta região.

Fonte: Couri (2003).

### 1.3.2 A produção de equipamentos e reagentes

A produção de equipamentos e reagentes para pesquisas em biotecnologia é um dos grandes problemas da indústria biotecnológica nacional. O Brasil ainda não consegue produzir internamente grande parte dos equipamentos e materiais utilizados em pesquisas e produção das diversas áreas da biotecnologia, principalmente aqueles relacionados com as modernas técnicas da engenharia genética, como os equipamentos e reagentes para os projetos Genoma (Izique, 2002).

No estado de Minas Gerais, onde está situado um dos importantes pólos de biotecnologia do país, quase 100% dos equipamentos e materiais utilizados pelas instituições públicas daquele estado em pesquisas na área de biotecnologia são importados. Segundo informações da Fundação de Amparo a Pesquisa de Minas Gerais ([FAPEMIG](#)), a biotecnologia é um dos pontos fortes da pesquisa no estado, entretanto, praticamente não existem equipamentos e materiais de produção nacional (Izique, 2002).

No caso do Projeto Genoma, desenvolvido no estado de São Paulo, com financiamento da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo ([FAPESP](#)), o fornecimento de equipamentos e materiais foi realizado por uma empresa com sede no Brasil, a Biosystems, subsidiária da Biosystems dos Estados Unidos. Segundo informações desta empresa,<sup>8</sup> a importação direta da empresa nos Estados Unidos custaria 60% mais caro, portanto, a instalação desta subsidiária no Brasil significou em redução de custos para a FAPESP para a pesquisa em biotecnologia.

O que se observa então é uma dependência externa de equipamentos e materiais para o desenvolvimento de pesquisas em biotecnologia no Brasil. Esta dependência de empresas estrangeiras pode tornar-se um sério obstáculo ao desenvolvimento da biotecnologia no Brasil, principalmente em contexto de instabilidade cambial. O aumento da cotação do dólar pode significar a paralisação de muitos projetos importantes, como demonstrado pela reportagem de Cláudia Izique (*Revista Fapesp*, n. 82). Os diretores da Biosystems no Brasil alegaram que no último trimestre de 2002, em função do aumento do dólar, suas vendas reduziram em 50%. A Fapesp, a principal cliente de equipamentos e reagentes, no segundo semestre de 2002 cancelou várias encomendas. Isto mostra que a simples instalação de subsidiárias de empresas estrangeiras, apenas para facilitar a

---

(8) Entrevista realizada na empresa pelos autores, para a Pesquisa DPP, financiada pela FINEP.

comercialização, não resolve, o problema de falta de indústria de equipamentos e materiais para pesquisas.

### **1.3.3 Recursos Humanos**

O capital humano é um dos fatores chaves para as empresas ganharem competitividade, principalmente em setores com forte ritmo de mudança e inovação como a biotecnologia. Mas não é só o elevado ritmo de inovação, a biotecnologia moderna se caracteriza também pelo seu caráter multidisciplinar e pelas diversas implicações na sociedade de suas inovações tecnológicas. Isto faz com que a tarefa de formar profissionais para trabalhar com biotecnologia seja mais difícil do que em outras áreas. No Brasil, apesar dos esforços realizados por diversas instituições de ensino e pesquisa nos últimos anos, existem ainda carências de profissionais qualificados para desenvolver diversas atividades em biotecnologia, como engenharia de bioprocessos,<sup>9</sup> seqüenciamento genético,<sup>10</sup> assessoria jurídica na área ambiental e de propriedade industrial,<sup>11</sup> valoração da biodiversidade e gestão administrativa e financeira.

## **2 A Biotecnologia em Saúde Humana e Agricultura no Brasil**

### **2.1 Saúde Humana**

#### **2.1.1 Principais Produtos Biotecnológicos**

No âmbito da biotecnologia tradicional, as principais aplicações na saúde humana são: a produção de Biofármacos, de Imunobiológicos, de Reagentes Biológicos para Diagnósticos e de Hemoderivados. O [Quadro 8](#) apresenta os principais produtos de cada grupo e a tecnologia utilizada na produção.

---

(9) Esta é uma ferramenta de suma importância para o desenvolvimento de empresas em biotecnologia, já que é esta a responsável pela transferência do conhecimento do laboratório para a linha de produção.

(10) As pesquisas genômicas realizadas no país colocaram em evidência a carência de profissional nesta área a medida que foi aumentando a demanda.

(11) A carência de profissionais nesta área está relacionada com o atraso do Brasil em relação a outros países em aderir aos acordos internacionais (TRIPs) em relação aos direitos de propriedade intelectual, principalmente naqueles setores correlatos com a biotecnologia, como a indústria farmacêutica.

Quadro 8  
Aplicações da Biotecnologia Tradicional na Saúde Humana

Grupo de Produtos	Bioteecnologias	Produtos Representativos
Biofármacos	Fermentação Biossíntese de princípios ativos Catálise de reações químicas intermediárias	Antibióticos, Vitaminas B e B <sub>12</sub> , Aminoácidos Vitaminas C, Corticosteróides
	Extração Bioquímica	Hormônios, enzimas e outras proteínas
	Semi-Síntese	Antibióticos, Aminoácidos, Insulina, etc.
Imunobiológicos	Fermentação	Vacinas Bacterianas (Meningite, Tuberculose, Tifo, DTP, etc)
	Cultura de Tecidos	Vacinas Virais (Poliomelite, Febre Amarela, Hepatite B, etc.)
	Cultura e extração de anticorpos em animais	Soros antiofídicos, antitetânicos, etc.
Reagentes Biológicos para Diagnósticos	Técnicas para leitura de reações imunobiológicos entre antígenos e anticorpos em amostras de tecidos humanos	Kits para diagnósticos de Sífilis, Hepatite B, Doença de Chagas, AIDS, entre outras doenças.
Hemoderivados	Extração por fracionamento físico-químico de componentes do Plasma	Albumina, Fatores de Coagulação e Imunoglobulinas

Fonte: Gadelha (1990).

As principais aplicações no âmbito da biotecnologia moderna são: o uso da engenharia genética para a produção de biofármacos (p. ex.: insulina e hormônio do crescimento), de vacinas (vacinas recombinantes contra hepatite B); e os estudos genômicos para prevenção e cura de diversas doenças (terapia gênica e farmacogenômica).

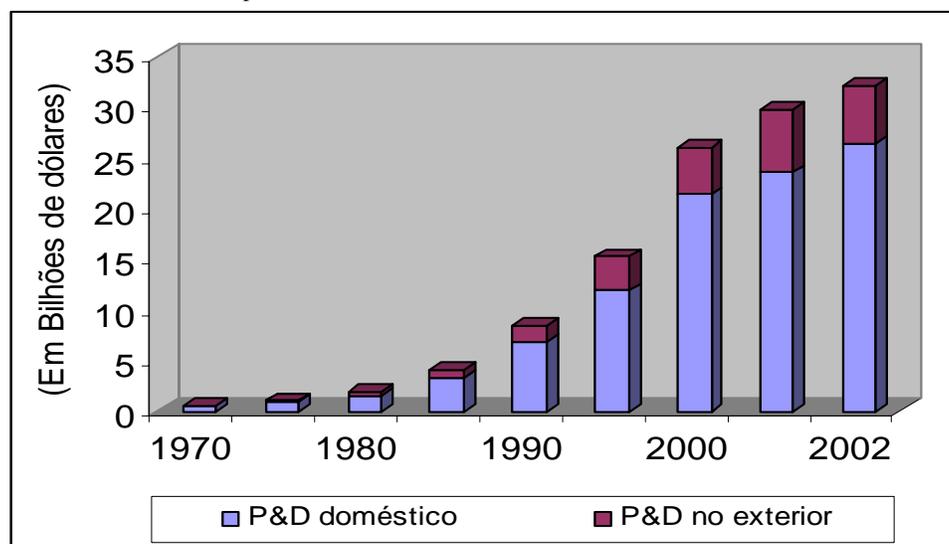
As pesquisas e produção destes produtos estão concentradas nos grandes laboratórios multinacionais e nas novas empresas de biotecnologia (NEBs), localizadas nos Estados Unidos, Europa e Japão. Grande parte da pesquisa e produção dos novos produtos na área de biotecnologia/saúde é realizada através de alianças estratégicas entre os grandes laboratórios multinacionais, as NEBs e as universidades e instituições públicas de pesquisas.

### 2.1.2 Indústria farmacêutica no Brasil

Embora o Brasil se situe entre os 10 maiores mercados de medicamentos do mundo, o investimento em P&D no país na indústria de fármacos e de medicamentos é muito pequeno. Uma das razões é o fato do mercado nacional ser dominado pelos grandes laboratórios multinacionais. Dos 10 maiores laboratórios no mercado brasileiro, apenas um, o Grupo Aché, é uma empresa da capital nacional (Gadelha, 2002; Magalhães, 2003).

A grande participação dos laboratórios multinacionais no mercado nacional é um dos obstáculos ao desenvolvimento da pesquisa biotecnológica no setor produtivo privado no Brasil. Dos 63 laboratórios multinacionais membros da Pharmaceuticals Research and Manufacturers of América (Phrma) – entre eles estão os 20 maiores do mundo em participação de mercado – cerca de 82% do total gasto em P&D são gastos nos EUA (Figura 1). Do restante, a maior parte é investida no Japão e na Europa, ou seja, quase 100% dos gastos destas empresas em P&D estão concentrados nos países desenvolvidos. Em 2001, a América Latina recebeu apenas 0,6% do total gasto em P&D pelos laboratórios membros da Phrma (Pharma, 2002).

Figura 1  
Despesas com P&D dos 63 laboratórios membros da Phrma



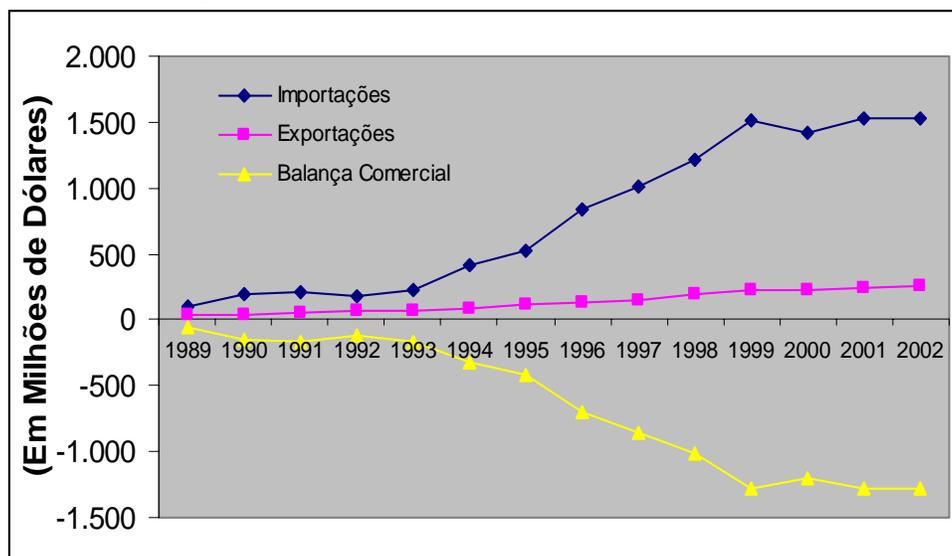
Fonte: Elaborado a partir de dados publicados em Pharma (2003).

Na década de 80 o Brasil quase atingiu sua auto-suficiência em medicamentos. Na década de 90 ocorreu uma reversão desta tendência, com os laboratórios multinacionais mudando suas estratégias, onde muitos deles implementaram uma política de especialização e complementaridade produtiva e comercial, com fechamento de plantas e de linhas de produção de farmoquímicos e de medicamentos e a sua substituição por importações (Magalhães, 2003).

Em 2002, a importação de medicamentos no Brasil era 15 vezes maior do que em 1989, enquanto que a importação total era apenas 2 vezes maior (Secex, 2003). Durante a década de 90 a indústria farmacêutica nacional apresentou uma nítida perda de competitividade, não apenas em função das estratégias corporativas dos grandes laboratórios multinacionais, mas também como resultado das políticas macroeconômicas do período, principalmente as relacionadas com o comércio externo, como a redução de tarifas e a política cambial (Gadelha, 2002). Em 1989, a importação de medicamentos era 2,6 vezes maior do que as exportações; em 2002, esta relação aumentou para 6 vezes. O déficit da balança comercial no setor de medicamentos aumentou de US\$ 62 milhões para US\$ 1,28 bilhão entre 1989 e 2002 (Figura 2). Além do aumento da importação, houve também uma mudança significativa em relação aos parceiros comerciais. A partir de 1991, houve um aumento na participação das importações originadas dos EUA e da Europa, enquanto que com as exportações ocorreu o contrário. Até 1992, 50 % das exportações de medicamentos do Brasil era destinada para os EUA e Europa; em 2002, esta participação tinha se reduzido a 12%. Em contrapartida, as exportações para os países da ALADI passou de 27% do total em 1989 para 74% em 2002 (Figura 3 e Figura 4).

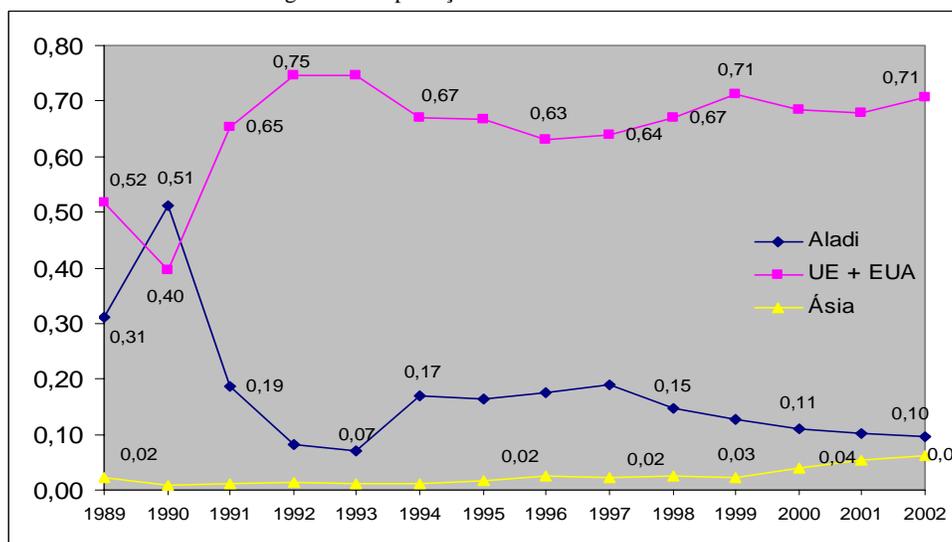
O aumento do número de fusões e aquisições na década de 90 na indústria farmacêutica mundial afetou o setor no Brasil. Além do aumento da concentração, alguns laboratórios nacionais importantes na pesquisa e desenvolvimento de novos fármacos, como a Biobrás, empresa produtora de insulina e que realizava importantes inovações na área de biotecnologia, foram comprados por laboratórios multinacionais.

Figura 2  
Evolução do comércio exterior de medicamentos do Brasil – 1989 a 2002



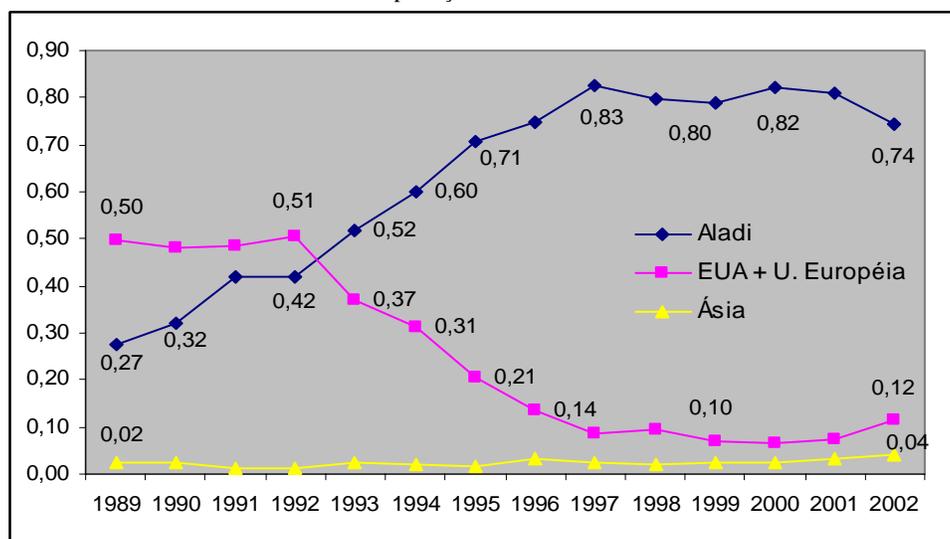
Fonte: Elaborado a partir de dados da Secex.

Figura 3  
Brasil: Origem das importações de medicamentos – 1989 a 2002



Fonte: Elaborado a partir de dados da Secex.

Figura 4  
Brasil: Destino das exportações de medicamentos – 1989 a 2002



Fonte: Elaborado a partir de dados da Secex.

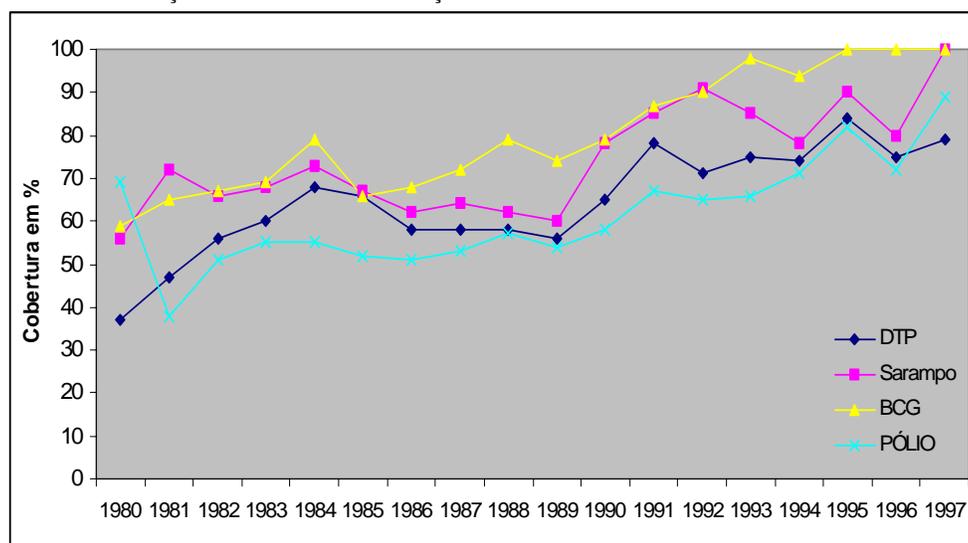
O dado positivo do mercado de medicamentos no Brasil é a nova lei de genéricos, que abrem brechas para o crescimento de laboratórios nacionais. A produção de antibióticos, por exemplo, pode ser uma alternativa para os laboratórios nacionais, pois, os antibacterianos estão entre as classes terapêuticas de maior consumo no mercado nacional e de maior participação na importação de fármacos e medicamentos (Magalhães, 2003).

### 2.1.3 Produção de imunobiológicos

A grande marca do modelo de política imunológica no Brasil é a forte presença do setor público na produção de vacinas e soros, através das organizações públicas de pesquisas, como o [Instituto Butantã](#), Fiocruz, [Tecpar](#) e outras (estas organizações são classificadas como organizações-chave). Enquanto a produção de fármacos e medicamentos está concentrada nas empresas privadas (multinacionais e nacionais), a produção de imunobiológicos está concentrada nas instituições públicas de pesquisa. A grande participação do setor público faz com a produção de imunobiológicos no país apresente um quadro bem distinto daquele apresentado pelo setor de fármacos/medicamentos.

O Brasil é auto-suficiente na produção de vacinas contra sarampo, difteria, tétano, coqueluche, caxumba, hepatite B, meningite meningocócica A e C e febre amarela. Este resultado se deve ao sucesso da política nacional de imunobiológicos e vacinação, apoiada em investimentos maciços na produção nacional. Nos últimos 20 anos esta política se assentou em dois objetivos: imunização total e auto-suficiência. Os benefícios são incalculáveis. O Programa Nacional de Imunização resultou numa redução drástica da incidência de diversas doenças como sarampo, poliomielite, caxumba e outras. A taxa de cobertura (% de crianças vacinadas) aumentou significativamente nas duas últimas décadas. Para algumas doenças, como o sarampo, a vacinação atingiu no Brasil já atinge 100% das crianças menores de um ano de idade (ver [Figura 5](#)). Por outro lado, a política de auto-suficiência significou muita economia de recursos para o país, principalmente se levar em consideração que quase 100% das compras de vacinas é via recursos públicos. Segundo Isaias Raw, diretor da Fundação Instituto Butantã, a 10 dez anos o custo de importação de vacina contra a Hepatite B era de US\$ 24 a dose, hoje esta mesma vacina é produzida internamente por apenas um dólar três doses (FAPESP, n. 87).

Figura 5  
Evolução da Cobertura de Vacinação em Menores de Iano – Brasil: 1980 / 1997

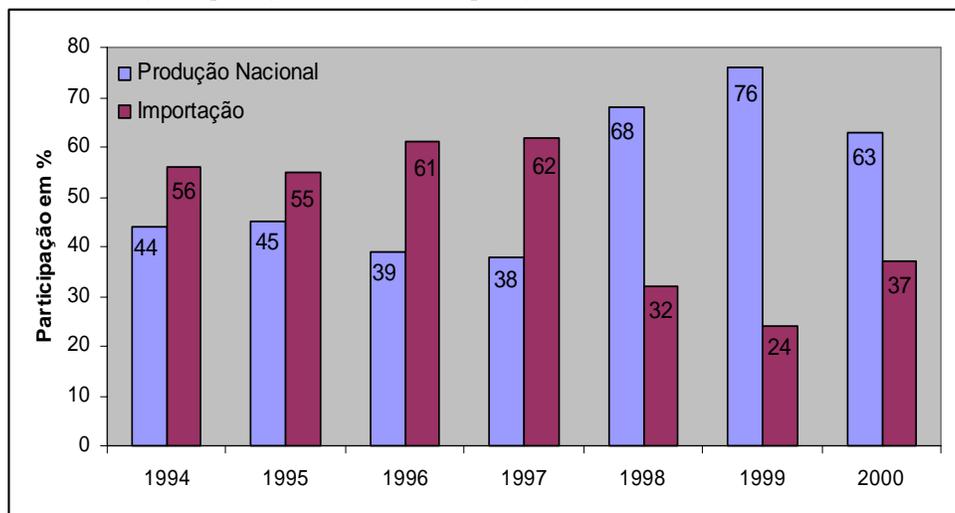


Fonte: Gadelha (2002).

A partir da segunda metade da década de 90 observou-se um aumento significativo da produção nacional e uma queda da participação das importações no fornecimento de vacinas no Brasil. Em 1996, 61% de vacinas consumidas no país e eram provenientes de importações, em 2000, esta cifra reduziu para 37% apenas (ver [Figura 6](#)).

A produção interna de imunobiológicos é crucial. Em muitos casos é impossível importar devido as especificidades de cada país, como é o caso dos soros antiofídicos, onde os soros produzidos nos Estados Unidos, por exemplo, não protegem contra mordida de cobras brasileiras. Além do mais, muitas das doenças para as quais as organizações-chaves produzem vacinas, estão entre aquelas negligenciadas pelos grandes laboratórios multinacionais, com é o caso da malária, tuberculose, dengue e outras. O Brasil também tem procurado incorporar as novas tecnologias na produção de vacinas, como a técnica do DNA recombinante. Pesquisadores da Fundação Fiocruz estão desenvolvendo uma vacina gênica contra a Dengue. Existem ainda iniciativas no setor privado, como é o caso da empresa RD Biotec, que em parceria com a Universidade de São Paulo, está desenvolvendo uma vacina gênica contra tuberculose (FAPESP, 2003).

Figura 6  
Evolução da produção nacional e das importações de vacinas (em %) – 1996 a 2000.



Fonte: Gadelha (2002).

## 2.2 Biotecnologia e Agricultura

### 2.2.1 Aplicações da Biotecnologia na Agricultura

No âmbito da biotecnologia tradicional, as tecnologias com maiores aplicações na agricultura são a cultura de tecidos, o controle biológico de pragas e a fixação biológica de nitrogênio.

A cultura de tecidos (ou cultura *in vitro*) “compreende a cultura de células, tecidos ou órgãos, em condições de assépsia e meios de cultura artificiais (contendo compostos como água, sais minerais, vitaminas, fonte de carbono e reguladores de crescimento)” (Oliveira, 2000).

O controle biológico de praga consiste na utilização de microorganismos (vírus, bactérias e fungos) para combater pragas. Esta é uma técnica que vem ganhando importância nos últimos anos. Os desastres ambientais, a demanda crescente de alimentos e produtos de primeira necessidade em função do crescimento populacional, a expansão dos mercados consumidores nos países desenvolvidos e o aumento de pragas<sup>12</sup> foram os fatores que contribuíram para valorizar o uso de bioinseticidas nas atividades agrícolas. Para reduzir a contaminação por pesticidas químicos, o combate às pragas utilizando entomopatógenos tornou-se a alternativa mais viável frente a necessidade de desenvolvimento de uma agricultura sustentável. Os inseticidas produzidos a partir de microorganismos apresentam baixa ou nenhuma toxicidade aos vertebrados e insetos benéficos. Segundo Capalbo (2002), apesar do uso de biosetecidas representar “atualmente apenas 1% do mercado total de produtos para proteção de plantas, um número significativo de estudos promoveu o aumento da quantidade de produtos disponíveis e ampliou as perspectivas para o mercado, como é o caso de *Bacillus thuringiensis*, o ingrediente mais utilizado comercialmente como biopesticida”.

A fixação biológica de nitrogênio consiste na fixação deste elemento no solo através de microorganismos. A utilização desta técnica apresenta vantagens econômicas e ambientais. Uma das vantagens da fixação biológica é o seu baixo custo em comparação com as tecnologias substitutas. No Brasil, por exemplo, na década de 80, a inoculação da soja com estirpes da *Bradyrhizobium japonicum* ou *B. elkanii* propiciava uma economia de US\$ 1,3 bilhão anuais em fertilizantes nitrogenados (Siqueira & Franco, 1988). O nitrogênio fixado industrialmente é um

---

(12) Existem aproximadamente, 40.000 espécies de microorganismos (bactérias, fungos e vírus) que causam doenças nas plantas e 30.000 espécies de plantas daninhas (Borém & Santos, 2003).

dos insumos agrícolas de origem industrial mais dispendioso, já que para cada quilo de N produzido com amônia se requer um metro cúbico de gás natural. Além das vantagens econômicas, a fixação biológica contribui para a melhoria da qualidade ambiental, já que a redução do uso de fertilizantes industriais reduz a quantidade de nitratos escoados para as águas superficiais e subterrâneas. Assim, a maximização dos benefícios da fixação biológica de nitrogênio tornou-se fundamental para o desenvolvimento de uma agricultura sustentável (Döbereiner, 1997).

No âmbito da biotecnologia moderna, se destacam a aplicação de duas tecnologias: o uso da engenharia genética para produção de novas variedades vegetais e os estudos genômicos de plantas e fitopatógenos com o objetivo de combater doenças e melhorar a qualidade dos alimentos.

Segundo Cubero, “a chegada da Biotecnología Moderna respondeu plenamente ao ideal do início do século XX da mutação dirigida, finalidade que a engenharia genética resolve perfeitamente”. A Biotecnologia Moderna, segundo o autor, é a fase lógica no desenvolvimento da evolução da melhora vegetal, que apresenta basicamente três fases distintas do desenvolvimento da agricultura (Cubero, 2000):

- **Primeira Fase:** utilização apenas da seleção das plantas pelo homem, sem utilizar a reprodução sexual (até o século XVIII);
- **Segunda Fase:** utilização consciente da reprodução sexual combinada com a seleção (após o século XVIII);
- **Terceira Fase:** eliminação da barreira do sexo, primeiro com a mutageneses e poliploidia, e a partir da década de 70 a utilização da mutação dirigida com o surgimento da Biotecnologia Moderna.

O surgimento da biotecnologia moderna marca, portanto, a entrada de uma nova era para a agricultura, com um papel de destaque para a Genética Molecular. A tendência é a revolução agrícola atual depender menos de inovações mecânicas e químicas e se basear no uso intensivo do conhecimento científico e de técnicas moleculares e celulares.

Dentre as promessas da nova revolução, se destacam o aumento da produtividade e redução de custos, inovações e melhoras na qualidade dos alimentos e utilização de práticas agrícolas mais ecológicas. Além das conseqüências nas atividades agrícolas, a manipulação genética das plantas trará impactos em outros setores produtivos, como na floricultura e jardinagem, na indústria química e na indústria farmacêutica, com a possibilidade, a partir de plantas geneticamente modificadas, de produzir fitoterápicos mais eficientes ou

ainda, desenvolver vegetais biorreatores com aplicações em diversas atividades industriais.

A possibilidade de produzir plantas geneticamente modificadas, com novos atributos e independentes da compatibilidade sexual entre as espécies, representa o maior impacto da Biotecnologia Moderna na agricultura. A utilização das técnicas da engenharia genética para produzir variedades geneticamente modificadas é a mais importante aplicação da Biotecnologia Moderna na agricultura.

### 2.2.2 A Indústria Mundial de Sementes

O processo de concentração na indústria de sementes resultou nas cinco maiores companhias mundiais no mercado de sementes (ver [Tabela 2](#)), que são: a) DuPont (mais de US\$ 1,8 bilhão); Monsanto (US\$ 1,6 bilhão); Novartis (cerca de US\$ 1 bilhão), seguindo-se a Aventis (hoje Bayer) e Savia (La Moderna). Como se percebe, são empresas pequenas em comparação com as empresas farmacêuticas. Aquelas que sofreram *spin off*, como a Singenta, passar a faturar algo em torno de US\$ 7 bilhões, incluindo-se o mercado de agroquímicos, o que limita fortemente o orçamento para pesquisa.

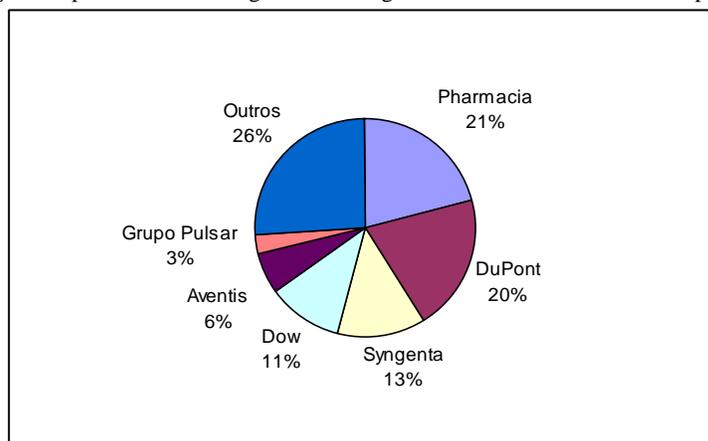
A inovação tecnológica na indústria de sementes, principalmente no que se refere à modificação genética, está concentrada nas grandes empresas, onde 74% de todas as patentes depositadas nos Estados Unidos em 2000 pertenciam as 6 maiores empresas do setor (ver [Figura 7](#)).

Tabela 2  
As 10 Principais Companhias de Sementes no Mercado Mundial

Companhia	Vendas de Sementes no 2000 (US\$ milhões)
1 - DuPont (EUA)	1.938
2 - Pharmacia (Monsanto) (EUA)	1.600
3 - Syngenta (Suíça) <i>pro forma</i>	958
4 - Groupe Limagrain (França)	622
5 - Grupo Pulsar (Seminis) Mexico	474
6 - Advanta (Astra Zeneca e Cosun) (Reino Unido e Países Baixos)	373
7 - Dow (+ Cargill North América) (EUA)	350
8 - KWS AG (Alemanha)	332
9 - Delta & Pine Land (Monsanto) (EUA)	301
10 - Aventis (França)	267

Fonte: ETCgroup, Jul./Aug. 2001.

Figura 7  
Concentração das patentes no setor agrobiotecnológico: 74 % são das 6 maiores empresas do setor



Fonte: ETC Group, 2001.

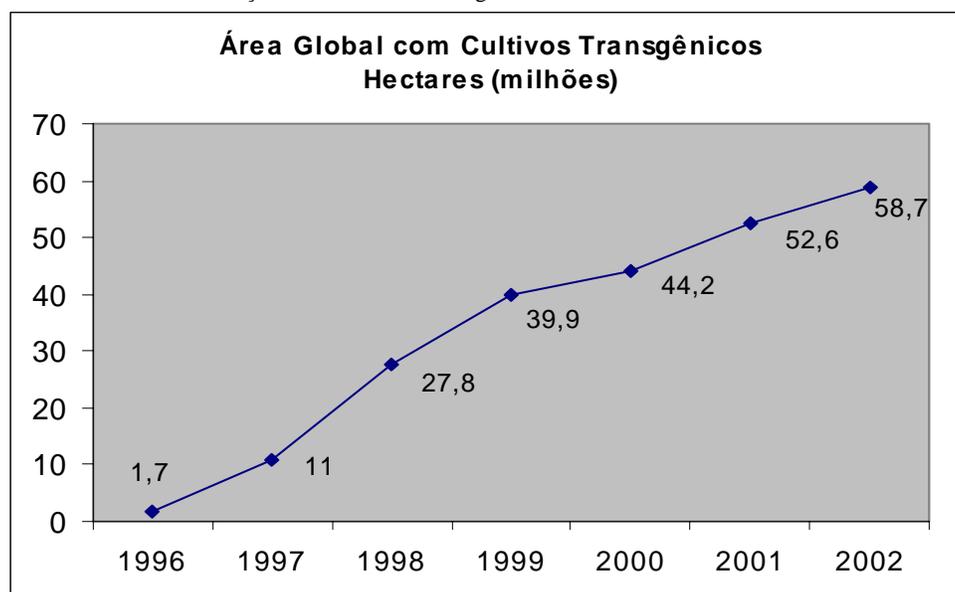
### 2.2.3 Panorama Global da Produção de Cultivos Transgênicos

Os primeiros experimentos a campo com plantas geneticamente modificadas foram feitos em 1986, nos Estados Unidos e na França e a primeira variedade de uma espécie vegetal produzida pela engenharia genética a atingir o mercado consumidor foi o “tomate FlavrSavr”, desenvolvido pela empresa americana Calgene e comercializada a partir de 1994 (Borém & Santos, 2003).

Entre 1986 e 1995, 56 culturas diferentes foram testadas em mais de 3,5 mil experimentos realizados em mais de 15 mil locais, em 34 países. Em 1996 e 1997, o número de países que testaram plantas transgênicas a campo aumentou para 45, tendo sido conduzido somente nesses dois anos, mais de 10 mil experimentos. As culturas mais frequentemente testadas foram: milho, tomate, soja, canola, batata e algodão, e as características genéticas introduzidas foram: tolerância a herbicidas, resistência a insetos, qualidade do produto e resistência a vírus (Borém & Santos, 2003).

Segundo o International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA), durante o ano de 2002, a área global de culturas transgênicas manteve-se em crescimento pelo sexto ano consecutivo. A área total estimada de cultivares transgênicos chegou a 58,7 milhões de hectares, plantados por um número estimado em 6 milhões de agricultores em 16 países. Entre 2001 e 2002 a expansão da área cultivada foi de 12%. Entre 1996 e 2002, a área cultivada se expandiu em 35 vezes – de 1,7 milhão de hectares em 1996 para 58,7 milhões de hectares em 2002 (ver [Figura 8](#)).

Figura 8  
Evolução do Cultivo de Transgênicos no Mundo – 1996 a 2002



Fonte: James (2002).

Em 2002, os quatro principais países produtores plantaram 99% da área global de cultivos transgênicos. O maior produtor do mundo, os EUA, plantou em 2002 o equivalente 66% da área total, seguido da Argentina, com 23%, Canadá, com 6% e China, com 4% (ver [Figura 9](#)). Entre estes quatro líderes, a China foi o país que apresentou o maior crescimento anual, com destaque para o cultivo de algodão, onde a produção deste cultivar na China equivale 51% da produção mundial.

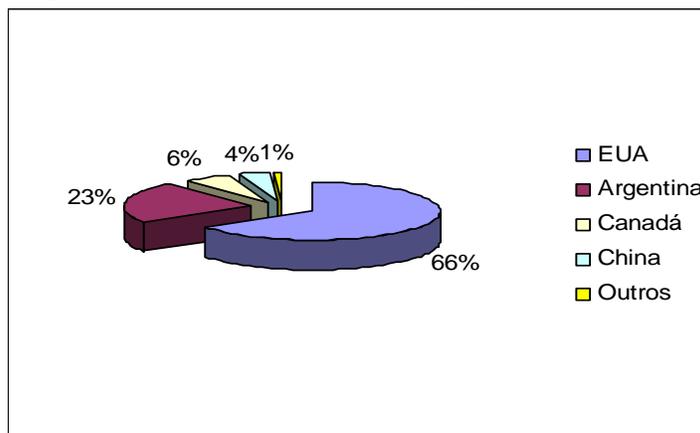
Na América Latina se destacam Argentina e México entre os maiores produtores de transgênicos do mundo. A Argentina produziu 15% e México 1% de toda produção transgênica do mundo. Mais dois países do continente – Colômbia e Honduras – plantaram culturas transgênicas pela primeira vez em 2002. A Argentina, o segundo maior produtor mundial de alimentos transgênicos do mundo, se destaca como um dos principais produtos de soja a partir de sementes geneticamente modificadas. Dos países da América Latina, Argentina é o que conta com maior superfície de terras dedicadas a cultivos transgênicos. Mesmo com a crise econômica, a área de cultivo de espécie geneticamente modificada neste país cresceu 14% entre 2001 e 2002.

O valor estimado de mercado para os cultivos GM foi de aproximadamente US\$ 4,25 bilhões em 2002. Este valor representou mais de 12% dos US\$ 31 bilhões do mercado mundial de proteção de plantas e 13% dos US\$ 30 bilhões do mercado mundial de sementes. O valor de mercado dos cultivos transgênicos é baseado no preço de venda de sementes transgênicas somado das taxas tecnológicas aplicadas. Estima-se que este mercado poderá atingir o valor de US\$ 5 bilhões em 2005. A expectativa é de crescimento, no médio prazo, da área total com cultivos GM, assim como também o número de agricultores envolvidos (James, 2002).

Os países que mais se destacam no comércio externo de sementes e cultivos geneticamente modificados são os Estados Unidos, Canadá, Austrália, Argentina e México. Na Europa, em função da grande resistência dos consumidores, a comercialização de transgênicos tem crescido lentamente em comparação com os países citados anteriormente (Larach, 2001).

O Japão se destaca como o principal mercado de alimentos transgênicos, na maior parte atendido pelos Estados Unidos, que é o maior exportador do mundo de alimentos transgênicos. A produção de variedades transgênicas nos Estados Unidos é fortemente dependente de suas exportações. O país domina 90% do mercado mundial de soja e milho transgênicos, sendo que, só em soja transgênica, exporta 40% da produção para a União Européia (Larach, 2001).

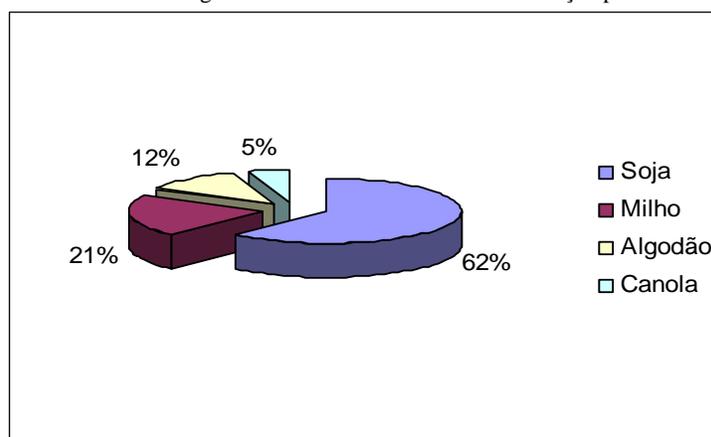
Figura 9  
Principais Países Produtores de Cultivos de Transgênicos no Mundo em 2002



Fonte: James (2002).

A distribuição da área global de plantas transgênicas para os quatro principais cultivos está apresentada na [Figura 10](#). Observa-se claramente a predominância da soja, que ocupava 62% da área global de cultivos transgênicos em 2002.

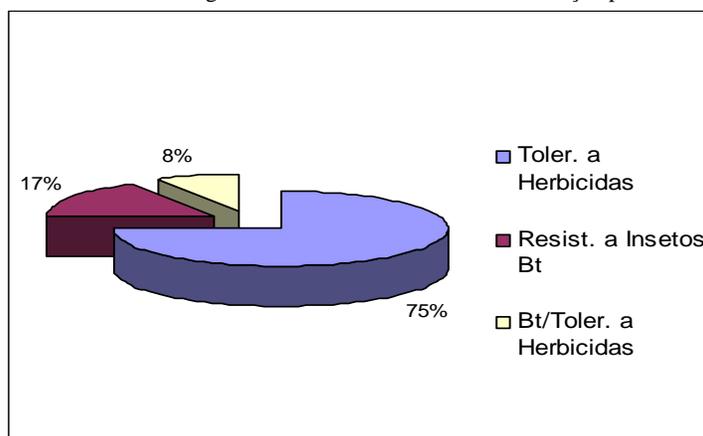
Figura 10  
Área de Cultivo Transgênicos no Mundo em 2002: Distribuição por Variedades



Fonte: James (2002).

Os principais atributos dessas culturas, de 1996 à 2002, foram a tolerância a herbicidas e resistência em insetos. Durante o ano de 2002, a tolerância a herbicidas desenvolvida em soja, milho e algodão ocupou 75% da área global cultivada com organismos GM (ver [Figura 11](#)). Os genes acumulados para tolerância a herbicidas e a insetos, desenvolvidos tanto para milho quanto para algodão, ocuparam 8% da área total plantada com transgênicos em 2002.

Figura 11  
Área de Cultivo Transgênicos no Mundo em 2002: Distribuição por Atributos



Fonte: James (2002).

O fato é que apesar da resistência de alguns países em produzir e comercializar alimentos transgênicos e da ausência de regulações internacionais do comércio de produtos biotecnológico, a produção de cultivos transgênicos vem aumentando significativamente ano a ano. Segundo Clive James, presidente do conselho diretor do International Service For The Acquisition Of Agri-Biotech Applications (ISAAA), a rápida adoção dos cultivos transgênicos nos primeiro seis anos “reflete os múltiplos e substanciais benefícios obtidos com essas culturas, tanto por grandes como pequenos agricultores em países desenvolvidos e em desenvolvimento”. As vantagens destes produtores seriam: “o gerenciamento agrícola mais conveniente e flexível, maior produtividade e ou retornos líquidos por hectare, benefícios sociais e um ambiente mais limpo, devido ao menor emprego de pesticidas convencionais”.

Trigo (2003), mostra que a produção de soja transgênicas na Argentina trouxe benefícios econômicos, sociais e ambientais. Os impactos econômicos foram a redução dos custos de produção, a expansão da área planta e o aumento das exportações. Como benefícios sociais e ambientais, o autor destaca o aumento do emprego no setor agrícola e a redução do uso de inseticidas de elevada toxicidade.

#### 2.2.4 Biotecnologia e Agronegócios no Brasil

O Brasil é considerado como um dos poucos Super NAR's do mundo, ou seja um dos principais centros de pesquisa agrícola dos países em desenvolvimento,

junto com a Índia e México. Tem como vantagem adicionar contar com instituições próprias, cujo orçamento não está vinculado ao de órgãos internacionais, como a rede dos *International Agricultural Research Centers*, apoiados pela FAO e outros órgãos multilaterais (Silveira et al., 2002).

A posição de centro de excelência em melhoramento genético vegetal está relacionada ao papel da Embrapa, autarquia pública de pesquisa e também por alguns centros regionais de grande importância, como os institutos da APTA (organização de congrega institutos de pesquisa do Agronegócio de São Paulo, [IAC](#), [IAPAR](#), [IB](#), [ITAL](#)) e no papel fundamental de instituições de fomento, como a FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa em São Paulo). Em menor grau, há a participação de centros de pesquisa financiados por cooperativas, como [Copersucar](#) (produtores de açúcar em São Paulo) e [Coodetec](#) (cooperativas de produtores de grãos do Centro-Sul do país, principalmente no Estado do Paraná) (Silveira et al., 2002).

Uma característica importante dos projetos de pesquisa envolvendo biotecnologia no Brasil é tanto o número amplo de instituições envolvidas quanto o número de espécies vegetais escolhidas como objeto de investigação. Esse ponto é importante em face às estreitas prioridades de pesquisa definidas pelas líderes internacionais em biotecnologia vegetal que atuam no Brasil. No setor de agronegócios, as *commodities* comercializadas estão fundadas em uma tecnológica madura, por vezes em conflito com objetivos mais amplos de aumento da produtividade e conservação ambiental.

Nos últimos anos três tipos de questões exigiram um rápido processo de mudança institucional, que foi ocorrendo de 1995 a 2001 (ver Silveira & Dal Poz, 2001). Envolveu: *a*) a legislação voltada a garantir os direitos de propriedade dos inovadores; *b*) a questão da biossegurança e, *c*) a utilização de recursos genéticos e manutenção da biodiversidade.

A criação de condições para o desenvolvimento da biotecnologia no país, na expressão de Oda & Soares (2001)<sup>13</sup> está progressivamente sendo instalada. A regulamentação da experimentação e da liberação de plantios comerciais de produtos da biotecnologia tem importância não somente pelos ganhos tecnológicos e econômicos que propiciam à agricultura do país. Eles são uma fonte privilegiada de conhecimento local desses produtos em um ambiente regulatório internacional

---

(13) A autora foi presidente da CTNBIO e Soares é pesquisador de uma das mais prestigiosas instituições públicas de pesquisa em saúde, fármacos e insumos biológicos do Brasil, a Fundação Oswaldo Cruz.

que cada vez mais garante os direitos de propriedade ao conhecimento e não apenas a produtos inovadores.

Fica evidente que nos marcos da biotecnologia vegetal, o Brasil é um ator relevante e que constituiu uma base de pesquisa de respeito nos últimos 35 anos e um realizou um conjunto de mudanças institucionais que o preparam para enfrentar os desafios da competição internacional.

### **Considerações Finais**

Nos últimos 20 anos ocorreram avanços no desenvolvimento da biotecnologia no Brasil, principalmente pela atuação das instituições públicas de ensino e pesquisa. Existe um grande esforço por parte destas instituições, não apenas na pesquisa, mas também na produção, como é o caso dos imunobiológicos, que na maioria, são produzidos por instituições públicas.

Mais de 80% das atividades e dos investimentos em biotecnologia e 90 % do pessoal qualificado estão concentrados em universidades e instituições públicas de pesquisa. Nas empresas privadas, há baixa atividade e investimentos em P&D em áreas como farmacêutica, química, sementes e pesticidas. A formação de NEBs também não é expressiva.

A maciça participação das instituições públicas na promoção da biotecnologia no Brasil pode ser ao mesmo tempo um ponto forte e um fator limitante para o seu desenvolvimento no Brasil. É um ponto forte porque muitas pesquisas e produtos são investimentos de alto risco, o que impede a participação de empresas privadas, principalmente em países como o Brasil, onde o sistema de financiamento para estes tipos de investimentos é muito incipiente. Por outro lado, as limitações surgem pelo fato de grande parte das pesquisas e investimentos em formação de recursos humanos estão dependentes de recursos públicos. O sucateamento de equipamentos e da infra-estrutura física de muitos centros de pesquisa e de formação profissional, por exemplo, pode ser um fator limitante.

Outro fator inibidor é a grande dependência externa em relação a equipamentos e materiais para pesquisas e desenvolvimento de produtos. Para muitos pesquisadores o desenvolvimento de uma indústria de equipamentos e reagentes é essencial para o Brasil dar continuidade no processo de desenvolvimento da biotecnologia sem se afastar da fronteira tecnológica.

Em resumo, o Brasil possui uma boa estrutura de pesquisa e produção na área de biotecnologia, mas existem alguns gargalos que podem comprometer o seu desenvolvimento futuro, como a carência de profissionais em algumas áreas específicas, a falta de produção interna de equipamentos e materiais e a infraestrutura deficiente de muitas instituições. Todas estas deficiências apenas evidenciam a importância que terá no futuro o aprofundamento das parcerias e cooperações entre setor público e empresas privadas.

### Referências bibliográficas

- ASSAD, A. (Coord.) *Programa Nacional de Biotecnologia e Recursos Genéticos*. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, Secretaria de Políticas e Programas de Ciência e Tecnologia – Departamento de Programas Temáticos, 2001. (Documento para consulta pública)
- BORÉM, A., SANTOS, F.R. *Biotecnologia Simplificada*. Viçosa: Ed. UFV, 2001.
- CARVALHO, A. P. Biotecnologia. In. SCHWARTZMAN, S. (Coord.). *Ciência e Tecnologia no Brasil: a capacitação brasileira para a pesquisa tecnológica e científica*. Rio de Janeiro: Ed. Fundação Getúlio Vargas, 1996.
- CUBERO, J. I. *Historia de la Biotecnología Vegetal*. Trábalo apresentado na I JORNADA SOBRE PRODUCTOS TRANSGÉNICOS EN AGRICULTURA, 13-15 nov. 2000. Espanha: Universidade de Granada. Disponível na Internet: <<http://www.ugr.es/~eianez/Biotecnologia/cubero.htm>>.
- DÖBEREINER, J. A importância da fixação biológica de nitrogênio para a agricultura sustentável. *Revista Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento*, Ano I, n. 1, maio 1997. <<http://www.biotecnologia.com.br/>>
- ETC GROUP. *Comunicado Globalización SA – Concentración del poder corporativo: la agenda olvidada*. Jul./Ago. 2001.
- FANJZYLBBER, P. *Fatores de competitividade e barreiras ao crescimento no pólo de biotecnologia de Belo Horizonte*. Belo Horizonte: CEDEPLAR/UFMG, 2002.
- FAPESP – Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo. <[www.fapesp.br](http://www.fapesp.br)>.
- . *Imunobiológicos: rumo à auto-suficiência*. *Pesquisa Fapesp*, 2003.
- FUNDAÇÃO BIOMINAS. *Parque Nacional de Empresas de Biotecnologia*. Belo Horizonte, dez. 2001.
- GADELHA, C. *Complexo da saúde*. Estudo de Competitividade por Cadeias Integradas no Brasil: impactos das zonas de livre comércio. MDIC, 2002.
- GADELHA, C. A. *Biotecnologia em saúde: um estudo da mudança tecnológica na indústria farmacêutica e das perspectivas do seu desenvolvimento no Brasil*. Campinas: IE/UNICAMP, 1990. (Dissertação, Mestrado).

- GONÇALVES, E. Financiamento de empresas de base tecnológica: algumas evidências da experiência brasileira. *Revista Econômica do Nordeste*, Fortaleza, v. 33, n. 1, jan./mar. 2002.
- IZIQUÉ, C. Crise, virtudes e oportunidades: importação de equipamentos e insumos eleva o custo de pesquisa no Brasil. *Pesquisa Fapesp*, n. 82, dez. 2002.
- JAMES, C. *Global status of commercialized transgenic crops: 2002*. Ithaca, NY: ISAAA, 2002. (ISAAA Briefs, n. 27). <[www.isaaa.org](http://www.isaaa.org)>.
- JÚDICE, V. M. *Biotecnologia e bioindústria no Brasil – evolução e modelos empresários*. s.l.: s.n., 2002.
- LARACH, M. A. *El comercio de los productos transgénicos: el estado del debate internacional*. Santiago do Chile: CEPAL, 2001. (Série Comércio Internacional).
- MAGALHÃES, L. C. G. *Estratégias empresariais de crescimento na indústria farmacêutica brasileira: investimento, fusões e aquisições, 1988-2002*. Rio de Janeiro: IPEA, 2003.
- MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia. <[www.mct.gov.br](http://www.mct.gov.br)>.
- MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. *Base de Dados da Secex*. <[www.mdic.gov.br/comext](http://www.mdic.gov.br/comext)>.
- ODA, L., CORREIA SOARES, B. Biotecnologia no Brasil. Aceitabilidade pública e desenvolvimento econômico. *Parcerias Estratégicas*, Brasília, n. 10, p. 162-172, 2001.
- ORSENIÇO, L. *The emergence of biotechnology*. London: Pinter Publishers, 1989.
- PHARMA NEW MEDICINES & NEW HOPE. *Pharmaceutical Industry*, Profile 2003. <[www.phrma.org/publications](http://www.phrma.org/publications)>.
- SALLES-FILHO, S. et al. *Instrumentos de apoio à definição de políticas em biotecnologia*. Campinas: MCT/FINEP, 2002.
- SILVEIRA, J. M. et al. *Avaliação das potencialidades e dos obstáculos à comercialização dos produtos de biotecnologias no Brasil*. Programa de Biotecnologia e Recursos Genéticos – Relatório Técnico ao Ministério de Ciência e Tecnologia. 2002.
- \_\_\_\_\_, FONSECA, M. G., DAL POZZ, E. *Evaluation of the potentialities and obstacles to the commercialization of the biotechnology products in Brazil*. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON TECHNOLOGY POLICY AND INNOVATION, 5, Delft, The Netherlands, 26-29, 2001.
- WILKINSON, J. *Biotecnologia e Agronegócios*. Campinas: UNICAMP/IE/NEIT, dez. 2002.
- ZARRILLI, S. *International trade in genetically modified organisms and multilateral negotiations*. UNCTAD/DITC/TNCD/1, Jul. 5, 2000.