

# Bio

## TECNOLOGIA

no PARANÁ

IPARDES - CONCITEC

**SECRETARIA DE ESTADO DO PLANEJAMENTO**

OTTO BRACARENSE COSTA - *Secretário*

ZEFERINO PERIN - *Diretor-Geral*

**CONSELHO ESTADUAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - CONCITEC**

SYLVIO PÉLLICO NETTO - *Secretário Executivo*

**IPARDES - Fundação Edison Vieira**

CARLOS ARTUR KRÜGER PASSOS - *Diretor-Presidente*

NEI CELSO FATUCH - *Secretário Geral*

DIMAS FLORIANI - *Coordenador Técnico*

**EQUIPE TÉCNICA E ORGANIZADORA DO SEMINÁRIO**

Ana Cláudia de Paula Müller (*bióloga*)

Luiz Antonio Domakoski (*economista*) - *Coordenador*

**APOIO TÉCNICO OPERACIONAL**

Luíza de Fátima M. Lourenço (*normalização bibliográfica*)

Antônia Schwinden (*edição*), Maria Cristina Ferreira (*revisão*)

Régia Okura Filizola (*projeto gráfico*)

# **BIOTECNOLOGIA** no Paraná

**IPARDES - CONCITEC**

**CURITIBA**  
**SETEMBRO/1986**

159b

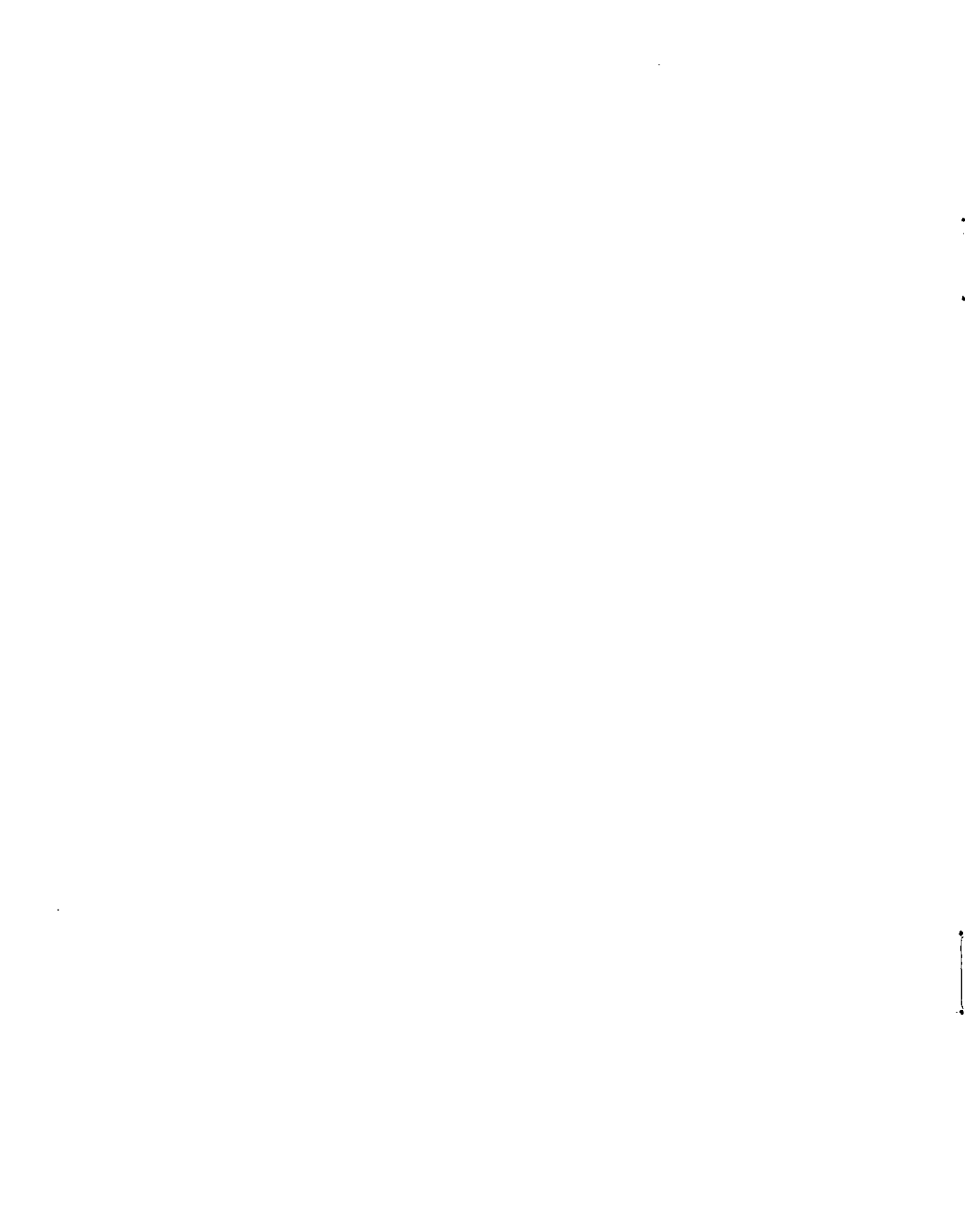
IPARDES - Fundação Edison Vieira.  
Biotecnologia no Paraná. Curitiba, 1986  
119p.  
Convênio CONCITEC/IPARDES

1. Biotecnologia. 2. Biotecnologia-Brasil.  
3. Biotecnologia-Paraná. I. Seminário Parana-  
ense de Biotecnologia, Curitiba, maio 1986.  
II. Título.

CDU 574.6 (816.2)

## SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	v
PANORAMA ATUAL DA BIOTECNOLOGIA	
INTRODUÇÃO	1
BIOTECNOLOGIA E POLÍTICAS DE FOMENTO	5
Países Desenvolvidos	5
Brasil	11
BIOTECNOLOGIA NO BRASIL	19
Saúde	19
Energia	20
Agropecuária	23
BIOTECNOLOGIA NO PARANÁ	29
Melhoramento Vegetal	30
Cultura de Tecidos	33
Nutrição Vegetal	35
Bioinseticidas	37
Tecnologia de Sementes	39
Tecnologia de Alimentos	41
Produção de Energia	43
Exploração de Recursos Marinhos	44
Genética e Saúde Animal	45
Tratamento de Resíduos	46
CONCLUSÃO	47
GLOSSÁRIO	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
SEMINÁRIO PARANAENSE DE BIOTECNOLOGIA	
ABERTURA	55
POLÍTICA E PROPRIEDADE INDUSTRIAL EM BIOTECNOLOGIA NO BRASIL	57
BIOTECNOLOGIA E EMPRESAS PRIVADAS NO BRASIL	67
BIOTECNOLOGIA: Estágio de Desenvolvimento e Perspectivas Internacionais	75
BIOTECNOLOGIA: Estágio de Desenvolvimento e Perspectivas no Brasil	91
GRUPOS DE TRABALHO	107
ENCERRAMENTO	117



## APRESENTAÇÃO

Recentemente, as biotecnologias têm obtido maior espaço nas discussões em torno do desenvolvimento futuro do país. Este fato reflete a importância das novas tecnologias biológicas em diversos ramos da produção científica e econômica.

Consciente da importância da biotecnologia nos mercados nacional e internacional, o Estado do Paraná vem concentrando esforços no sentido de viabilizar a integração na área, tanto no setor produtivo como na pesquisa básica e aplicada.

Este documento é resultado de uma pesquisa desenvolvida pelo Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social - IPARDES - com o apoio do Conselho Estadual de Ciência e Tecnologia - CONCITEC - para definição de prioridades de investigação e investimentos, de modo a possibilitar ao Paraná a ocupação de um espaço no desenvolvimento científico e tecnológico, bem como uma parcela dos mercados futuros que seguramente se abrirão para os detentores de tecnologia avançada.

Esta publicação está dividida em duas partes. A primeira é referente aos resultados iniciais de uma pesquisa desenvolvida pelo IPARDES, para identificação de pesquisas e áreas de conhecimento e produção, capazes de fornecer resultados a curto e longo prazos, nas quais existam possibilidades de investimento por parte do Estado.

A segunda parte contém as conferências e as conclusões e recomendações apresentadas pelos grupos de trabalho durante o SEMINÁRIO PARANAENSE DE BIOTECNOLOGIA, realizado em Curitiba, PR, em maio de 1986, organizado e coordenado pelo IPARDES com o apoio do CONCITEC.

O Seminário teve por objetivo, além de complementar os resultados da pesquisa antes referida, reunir todos os segmentos sociais ligados de uma ou outra maneira ao tema - principalmente, universidade, institutos de pesquisa, organismos do governo, empresas privadas, pesquisadores, cooperativas, bancos de fomento - para, a partir dessa primeira integração, serem delimitados os contornos principais para uma política estadual de biotecnologia.

Expressa-se aqui agradecimento ao Banco de Desenvolvimento do Paraná - BADEP - pela cessão de suas instalações para a realização do Seminário.

Finalmente, pretende-se que este documento sirva de base para a discussão e elaboração de um programa estadual de biotecnologia, no qual estejam contidas as diretrizes para o Estado nesta nova e estimulante área de desenvolvimento.

# PANORAMA ATUAL DA BIOTECNOLOGIA

## INTRODUÇÃO

A tecnologia de ponta, especialmente a microeletrônica, associada aos progressos na área da transmissão de informações e da telemática, e as chamadas novas biotecnologias, com especial ênfase para a engenharia genética e a fusão celular, apontam para transformações de grande vulto no espectro produtivo mundial.

Na verdade, o domínio completo desses campos do conhecimento e sua aplicação aos processos de produção fazem parte das estratégias de controle hegemônico da economia mundial que vêm sendo implementadas pelos países centrais, especialmente os Estados Unidos da América - EUA. Durante a recente crise internacional, sua hegemonia econômica foi ameaçada pela competitividade dos países europeus e do Japão, no mercado mundial e, inclusive, no próprio mercado americano. Com a retomada do crescimento que começa a se vislumbrar, os EUA têm adotado a tática de ocupar espaços nas chamadas tecnologias de ponta, tentando evitar qualquer possibilidade de perda da hegemonia mundial, principalmente nos mercados internacionais. É verdade que a recuperação da hegemonia americana está ligada a uma série de outros fatores de ordem econômica, mas é verdade também que a estratégia de ocupação desses mercados passa claramente pelo controle e pela possibilidade de dificultar a difusão das chamadas tecnologias de ponta. O mercado financeiro internacional e a própria política econômica norte-americana desempenham importante papel nessa ação.

*(. . . .) Até recentemente não era razoável supor que os EUA conseguissem reafirmar sua hegemonia sobre seus concorrentes ocidentais e muito menos tentar transitar para uma nova ordem econômica internacional e para uma nova divisão do trabalho sob seu comando. Hoje essa possibilidade é bastante alta.*

*Até o final da década de 70, não era previsível que os EUA fossem capazes de enquadrar dois países que tinham uma importância estratégica na ordem capitalista: o Japão e a Alemanha. Se os EUA não tivessem conseguido submeter a economia privada japonesa ao seu jogo de interesses e se as políticas inglesa e alemã não fossem tão conservadoras, os EUA teriam enfrentado dois blocos com pretensões européias e asiáticas de independência econômica. Deve-se salientar que, àquela altura, os interesses em jogo eram tão visivelmente contraditórios que as tendências mundiais eram poli-cêntricas e parecia impossível aos EUA conseguir reafirmar sua hegemonia, embora continuassem como potência dominante.<sup>1</sup>*

E ainda mais adiante:

*(. . . .) Após terem exportado durante várias décadas, o padrão tecnológico do sistema industrial americano,*

<sup>1</sup> TAVARES, Maria da Conceição. *A retomada da hegemonia norte-americana: um aprofundamento do debate*. Rio de Janeiro, JFRJ/IEI, 1985. (Texto para discussão, 77).



*através das suas multinacionais estão tentando usar seu poder hegemônico para reenquadrá-las, fazer retornar os seus capitais sobrantes e refazer a sua posição como centro tecnológico dominante. Assim utilizando-se dos seus bancos, do comércio, das finanças e do investimento direto "estrangeiro", para fazer seu ajustamento interno e externo. Apesar de terem perdido a concorrência comercial para as demais economias avançadas e mesmo algumas semi-industrializadas nos produtos de tecnologia de uso difundido, os EUA estão agora investindo fortemente no setor terciário e nas novas indústrias de tecnologias de ponta, na qual esperam ter vantagens comparativas. Os EUA não parecem interessados em sustentar a sua velha estrutura produtiva-comercial. Sabem também que não têm capacidade de alcançar um enorme "boom" a partir de reformas nos setores industriais que lideraram o crescimento econômico mundial no pós-guerra. Ao contrário, os EUA estão concentrando esforços no desenvolvimento dos setores de ponta e submetendo a velha indústria à concorrência internacional dos seus parceiros. A partir dessa modernização generalizada esperam poder retomar a sua posição como centro tecnológico dominante e reordenar de novo a economia mundial.*<sup>2</sup> (sem grifo no original)

O controle das tecnologias de ponta, principalmente a telemática e os segmentos mais importantes da biotecnologia, dará, se as perspectivas anunciadas se confirmarem — e tudo indica que se confirmarão —, aos países centrais, especialmente aos EUA, a possibilidade de assumir por um período razoavelmente longo a ponta do processo de acumulação mundial.

As novas tecnologias, à medida que elevem substancialmente a produtividade do trabalho — pelo lado da automação permitida pela microeletrônica — e prescindam cada vez mais de matérias-primas localizadas — pelo lado dos novos materiais e da biotecnologia — relegarão os países periféricos a um papel de menor importância no mercado mundial, a menos que estes consigam, mesmo que parcialmente, ocupar um espaço dentro das novas tecnologias ou manter um mercado tão importante que justifique a instalação de plantas de capital transnacional em seus territórios.

Na verdade, as novas tecnologias podem desempenhar um papel de destaque, desmantelando a atual divisão internacional do trabalho. Entretanto, esse papel, longe de redistribuir setores produtivos, pode simplesmente transformar alguns segmentos em produtivos, especialmente nos países periféricos absolutamente sem importância no mercado mundial.

Um exemplo extremamente marcante é dado pela biotecnologia, especialmente por uma das suas pontas mais avançadas, a transformação microbiana. Por transformação microbiana já se produz, em escala industrial, um novo produto, até o momento usado basicamente em alimentação animal, sendo possível que em breve, também faça parte da alimentação humana, podendo simplesmente eliminar do mercado alguns produtos fundamentais para a economia de países periféricos, especialmente da América Latina. Trata-se das Single Cell Proteins (Proteínas Unicelulares) capazes de serem obtidas do petróleo, do gás natural e de resíduos orgânicos das mais variadas origens.

A produção em escala industrial dessas proteínas pode virtualmente eliminar do mercado países fornecedores de farelos para alimentação animal, como Brasil, Argentina, Peru, etc. Deve-se destacar, no caso brasileiro, que as exportações de farelo de soja, importante item do balanço comercial, desti-

<sup>2</sup> TAVARES, p.9.

nam-se basicamente à alimentação animal, e que a agricultura da soja no Brasil só é viável graças a esse duplo mercado: o interno para o óleo e o externo para os farelos e tortas.

Diante desse quadro, é possível questionar a possibilidade de ampliação da oferta interna de proteínas animais, o que poderia vir a beneficiar boa parte da população brasileira, carente desse nutriente fundamental para a manutenção da saúde humana. É bom salientar, entretanto, que o consumo de proteínas animais está muito mais relacionado a padrões de renda que à disponibilidade de oferta.

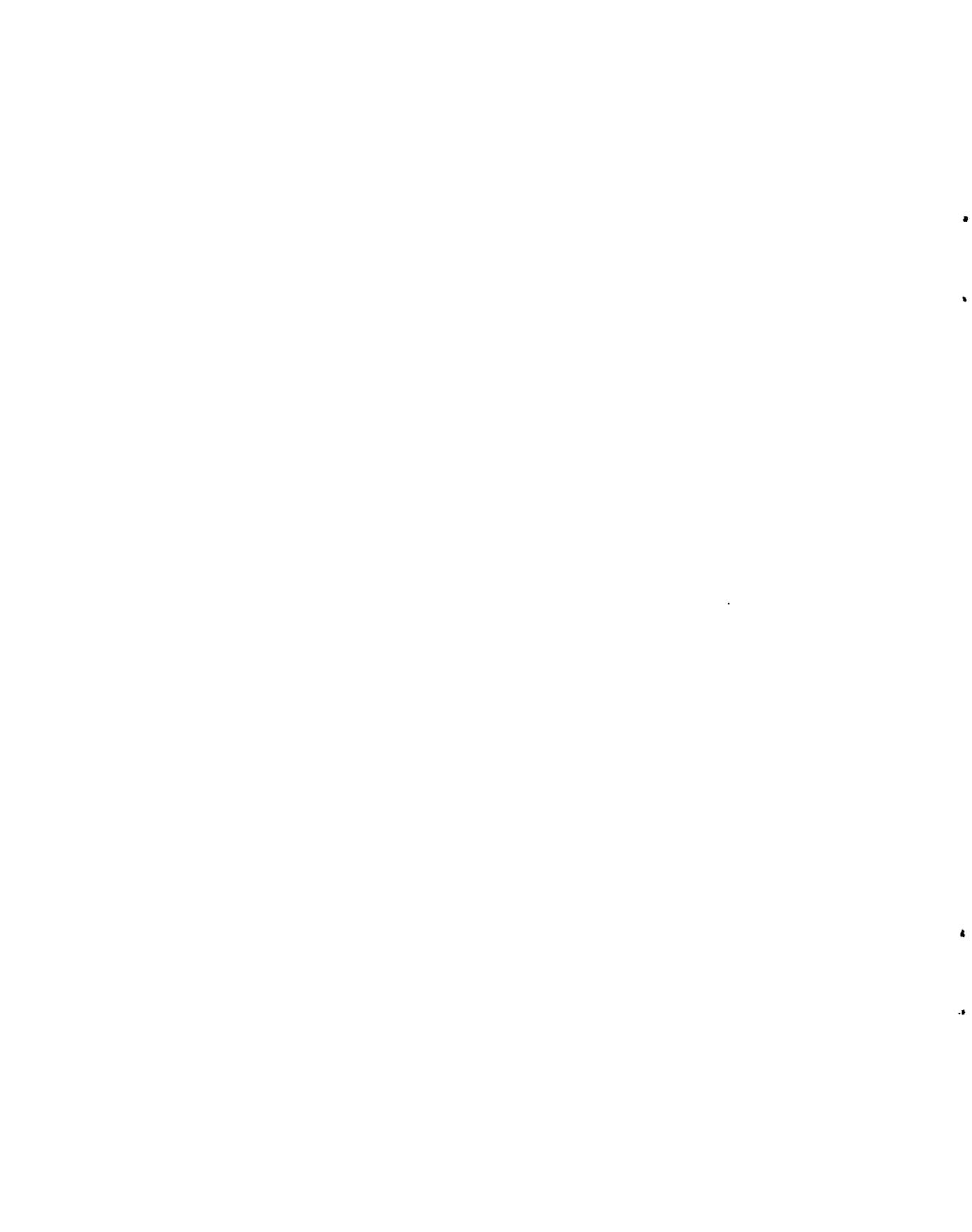
Nesse sentido, de muito pouco adiantaria ter disponibilidade de farelos para alimentação animal, se o padrão de renda da população é incapaz de competir com o dos consumidores de outros países, mesmo porque, ainda que fosse possível deslocar o consumo dos farelos para o mercado interno, o produto final seria consumido nos países centrais, dado o nível de renda de suas populações.

Além disso, a entrada em operação de grandes plantas produtoras de Single Cell Proteins certamente contribuirá para reduzir o custo de produção de animais nos países centrais, dificultando em grande parte a exportação de carnes.

Essas considerações preliminares são extremamente necessárias para que se destaque a importância dos investimentos em tecnologia de ponta, à medida que, ou se parte para a conquista de certas metas nessa área, ou se perde definitivamente oportunidade de ocupar mercados importantes.

Além desses aspectos, os dois mais importantes segmentos da tecnologia de ponta — microeletrônica e biotecnologia —, associados talvez à descoberta de novos materiais, tendem a reorganizar de forma radical os processos de produção de produtos já largamente consumidos. A microeletrônica age fortemente sobre setores nos quais processos mecânicos ou de montagem são importantes — além do controle em processos de fluxo, como a química revolucionando o setor terciário convencional, à medida que muitos processos do terciário podem ser simplesmente substituídos por máquinas mais eficientes; a biotecnologia, por seu turno, tende a provocar grandes transformações na agricultura e nos processos de produção de caráter contínuo, não apenas pela sua alteração, mas também pela substituição de matérias-primas e de produtos. Os segmentos químicos e farmacêuticos são exemplos significativos de ramos que deverão sofrer profundas transformações, não apenas de processos mas também de novos produtos, que podem substituir os antigos.

Na agricultura, entretanto, transformações muito mais substanciais deverão ocorrer, visto que os últimos impedimentos para a organização em moldes industriais da produção agrícola estão sendo rapidamente destruídos pelos avanços das ciências da vida aplicadas à agricultura.



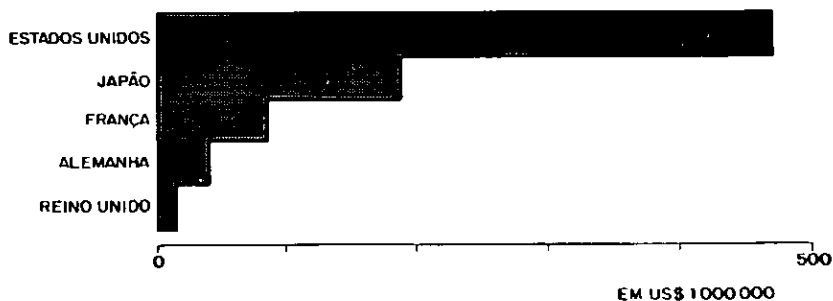
# BIOTECNOLOGIA E POLÍTICAS DE FOMENTO

## Países Desenvolvidos

Diferentemente de outras áreas de Pesquisa e Desenvolvimento – P & D –, em biotecnologia os países centrais vêm adotando programas de ação muito bem definidos e com forte aporte de recursos à Pesquisa e ao Desenvolvimento. Em certos casos, até mesmo alianças internacionais têm sido feitas para recuperar espaço perdido em avanços biotecnológicos. O caso mais importante de aliança internacional é, sem dúvida, a montagem de um programa de pesquisa conjunto pelos países da Comunidade Européia, além do esforço individual de cada um deles.

O nível dos gastos governamentais em pesquisas biotecnológicas é consideravelmente alto nas economias avançadas; os investimentos dos Estados Unidos estão significativamente à frente em relação a outros países, entretanto, os recursos nessa área dos países europeus e do Japão são também elevados. Um comparativo desses gastos, segundo levantamentos efetuados em 1983, é apresentado na figura 1.

FIGURA 1 – COMPARAÇÃO DAS AJUDAS PÚBLICAS À PESQUISA EM BIOTECNOLOGIAS



FONTE: BIOFUTUR

Esse elevado padrão de investimento por parte dos Estados Unidos explica-se pela necessidade de concorrer com o Japão. Os Estados Unidos substituíram totalmente os processos biológicos pela síntese química – tendência do Ocidente em todo o período pós-guerra, graças à idéia de que o petróleo era matéria-prima abundante e de preços baixos, com oferta garantida por longos períodos; o Japão, ao contrário, devido a sua tradição na área e à inexistência de petróleo em seu território, não abandonou os processos biológicos, principalmente na área alimentar e na indústria farmacêutica.

Assim sendo, quando da percepção da potencialidade da biotecnologia – na primeira metade do anos setenta –, graças à descoberta da possibili-

dade de modificações genéticas através da técnica do DNA recombinante e também devido à súbita elevação dos preços do petróleo, o Japão sai na frente, não apenas porque dispunha de um elevado número de cientistas e técnicos capazes de atuar na área, mas também porque já tinha larga tradição industrial em produtos biológicos. O exemplo de uma das maiores firmas japonesas na área de medicamentos e alimentos é esclarecedor:

*(. . .) A origem da Ajinomoto remonta à descoberta do glutamato de sódio em 1980, e à decisão de S. Suzuki de criar uma sociedade, a Suzuki Pharmaceutical Works, para por em andamento a sua produção e comercialização. Nos anos seguintes a sociedade lançou numerosos produtos.<sup>3</sup>*

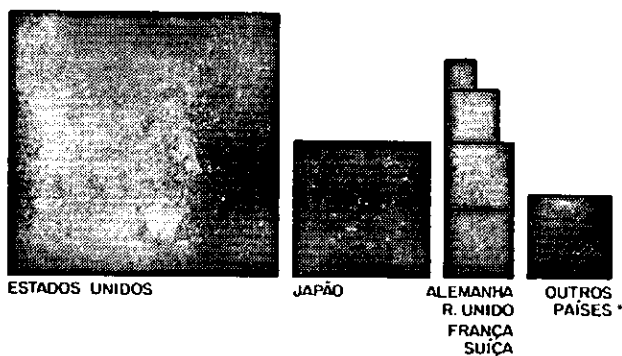
Ajinomoto é apenas uma das diversas firmas do setor químico, alimentar e de bebidas com larga tradição na produção de produtos baseados em técnicas biológicas.

Os fortes investimentos americanos na área, portanto, visam justamente acabar com o *gap* que inicialmente existia entre os EUA e o Japão. O padrão de investimentos feitos nos Estados Unidos já conseguiu superar essa brecha e colocar os EUA na liderança mundial em biotecnologia. Entretanto:

*(. . .) Embora os Estados Unidos sejam correntemente o líder mundial tanto em ciência básica como no desenvolvimento comercial da nova biotecnologia, a continuidade de proeminência inicial das companhias americanas na comercialização da nova biotecnologia não está assegurada. O Japão e outros países têm identificado a nova biotecnologia como uma promissora área para o crescimento econômico e têm por consequência investido muito pesadamente em P & D neste campo.<sup>4</sup>*

Na figura 2, tem-se uma imagem bastante clara do potencial dos principais países em biotecnologia.

FIGURA 2 – VISTA IMPRESSIONISTA DO POTENCIAL DOS PRINCIPAIS PAÍSES EM BIOTECNOLOGIA



FONTES: BIOFUTUR

\*Austrália, Canadá, Israel, Itália, Holanda e Suécia

<sup>3</sup> BIOFUTUR, Nov. 1982.

<sup>4</sup> OFFICE OF TECHNOLOGY ASSESSMENT. *Comercial biotechnology: an international analysis*. Washington, O.C., 1982. p. 3.

A vantagem americana, como se depreende, é extremamente forte, tendo o EUA, sozinhos, o maior potencial, em relação aos outros principais países reunidos. O crescimento americano decorre de investimentos estatais e privados cuidadosamente implementados em áreas de grande utilização de tecnologia de ponta no campo biológico.

Um outro indicador claro das vantagens dos EUA a nível mundial está dado pelo número de patentes registradas em biotecnologia nos EUA e nos outros países (quadro 1).

QUADRO 1 - PATENTES EM BIOTECNOLOGIA POR ORIGEM - 1963-81

ÁREA	TOTAL	ESTADOS UNIDOS	OUTROS
Mutações / Engenharia			
Genética	141	70	71
Enzimas	1 418	697	721
Enzimas Imobilizadas	502	263	239
Cultura de Tecidos	261	194	67
Amidos Hidrolizados	335	198	137
Aminoácidos	340	73	267
TOTAL	2 997	1 495	1 502
Percentual	100,0	49,9	50,1

FONTE: *Patent Profiles: Biotechnology. U.S. Department of Commerce, Patent and Trademark Office, July 1982*

Note-se que os EUA sozinhos detêm, no período considerado, cerca de metade de todas as patentes registradas em biotecnologia, sendo que nas principais áreas de ponta (engenharia genética e enzimas) o número é muito maior que 50%.

As áreas de investimento nos EUA, entretanto, recebem ajuda pública de forma muito diferenciada; é destinada à saúde a maior parte dos financiamentos públicos à biotecnologia. Assim, segundo levantamento efetuado em 1982, dos US\$ 483,3 milhões gastos em ajuda pública à pesquisa em biotecnologia, o National Institute of Health ficou com US\$ 380 milhões (quadro 2).

QUADRO 2 - FINANCIAMENTOS NO GOVERNO AMERICANO À PESQUISA EM BIOTECNOLOGIA - 1982  
(Em US\$ 1 000 000)

ENTIDADE	VALOR
National Institute of Health	380,0
National Science Foundation	53,1
U. S. D. A.	35,0
Department of Energy	9,2
Department of Defense	6,0
TOTAL	483,3

FONTE: *BIOFUTUR*

Portanto, o padrão de gastos do governo norte-americano indica muito claramente as prioridades do Estado. É preciso ter em conta, ainda, que os gastos atribuídos à National Science Foundation dividem-se mais ou menos segundo as proporções dos outros segmentos.

Fica claro, assim, que os gastos do governo norte-americano são fortemente diferenciados em favor das áreas de saúde e agricultura. Esta opção não é casual, uma vez que esses segmentos são os mais promissores em termos de novas tecnologias a curto prazo. Exemplos evidentes são as produções de vacinas, interferons, anticorpos monoclonais, etc., na saúde, e os hormônios de crescimento, kits de diagnóstico, etc., na agricultura.

Deve-se ressaltar que nesses dados não estão incluídos os incentivos fiscais e os convênios entre empresas, estados e universidades, talvez a parte mais importante da intervenção do Estado norte-americano no apoio ao avanço científico e tecnológico.

Importa destacar, ainda, que os investimentos em desenvolvimento biotecnológico nos Estados Unidos são muito mais importantes a nível das empresas privadas e das universidades financiadas pelas empresas do que da ajuda direta do Estado.

Deve-se levar em conta, entretanto, que o padrão dos investimentos norte-americanos em biotecnologia faz parte de uma macroestratégia de recuperação da hegemonia econômica internacional através do controle das tecnologias de ponta.<sup>5</sup>

O caso japonês é também bastante interessante, pois além da tradição de produção e investimento da economia japonesa em biotecnologias, um forte esforço vem sendo feito para manter o Japão na linha de frente dos negócios internacionais com produtos biotecnológicos, colocando-o como o principal concorrente dos Estados Unidos no domínio das biotecnologias — o que já ocorre na microeletrônica —, como reconhece o próprio Congresso norte-americano:

*(. . .) O Japão é provavelmente o principal competidor dos Estados Unidos por duas razões. Primeiro, as companhias japonesas, numa ampla gama de setores industriais têm uma longa experiência em tecnologia de bioprocessamento. O Japão não detém uma tecnologia de bioprocessamento superior, mas eles têm relativamente mais experiência usando a velha biotecnologia, mais plantas estabelecidas de bioprocessamento e mais engenheiros de bioprocessos que os Estados Unidos. Segundo, o Governo Japonês tem em mira a biotecnologia como uma tecnologia chave para o futuro, está financiando seu desenvolvimento comercial e está coordenando interações entre representativas indústrias, universidades e o próprio governo.*<sup>6</sup>

Além disso,

*(. . .) O MITI (Ministério da Indústria e do Comércio Internacional) anunciou em 1981 que a biotecnologia faz parte das indústrias do futuro, juntamente com os novos materiais e os novos tipos de componentes eletrônicos. (. . .) As ambições dos japoneses neste setor são claramente mundiais.*<sup>7</sup>

Para atingir esses objetivos, o Japão pôs em marcha seu meio, já clássico, de chegar rapidamente aos resultados desejados: a associação entre governo, universidades e empresas privadas. O plano japonês é bastante preciso em suas áreas de atuação, tendo inclusive um cronograma que, se não for seguido à risca, dificilmente deixará de ser cumprido em datas muito aproximadas, co-

<sup>5</sup> TAVARES.

<sup>6</sup> OFFICE OF TECHNOLOGY ASSESSMENT, p. 7-8.

<sup>7</sup> BIOFUTUR, Dez. 1983.

mo é tradição japonesa (quadro 3). As despesas japonesas, também de grande monta, embora mais distribuídas que as dos Estados Unidos, estão fortemente concentradas em alguns setores, dos quais a química tem a preponderância, seguida pela indústria agroalimentar, farmacêutica, de fibras têxteis e finalmente por outras indústrias.

QUADRO 3 - EIXOS DO PLANO JAPONÊS, SEGUNDO PROCESSO UTILIZADO - 1981-90

PROCESSO	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
BIO-REACTORES (utilização industrial de uma reação química fazendo intervir um microorganismo)	Seleção dos microorganismos				Determinação do método de reação: Bioconversão fermentação			Ensaio de apreciação dos resultados		
Culturas Celulares	Estudo dos fatores que provocam a multiplicação das células			Melhoramento do meio de cultura		Determinação do modo de cultivo				
Engenharia Genética	Estudo das técnicas de corte do Gen				Recombinação do DNA			Purificação dos produtos obtidos		

FONTE: BIOFUTUR

Evidentemente, o Japão também considera suas necessidades e potencialidades internas ao definir suas prioridades. A opção pela química está claramente vinculada à tradição da indústria química japonesa na área biológica, enquanto a ênfase à agroalimentação se relaciona à dependência japonesa no que tange a importações de produtos alimentares, dada a escassez do seu território físico. A ênfase na indústria farmacêutica, centrada na produção de interferons – medicamento anticancerígeno – responde a uma necessidade básica do país, já que o câncer é a principal causa mortis japonesa, e se justifica, também, pelos altos preços unitários dos produtos farmacêuticos em geral.

Além dessas causas, relacionadas aos problemas internos, é igualmente óbvio o interesse japonês no mercado externo para esse tipo de produtos. Na verdade, quando os produtos oriundos da biotecnologia chegarem ao mercado mundial – o que não deverá levar muito tempo –, ocorrerá uma verdadeira reestruturação de vários setores da economia. O que o Japão e os EUA estão fazendo é se prepararem com a devida antecedência para ocupar espaços fundamentais nesses novos mercados ou em antigos mercados reestruturados.

Além do esquema governamental, está ocorrendo no Japão um esforço conjunto de várias empresas na pesquisa biotecnológica. Assim, antigos concorrentes reúnem seus esforços na busca de resultados de interesse comum. Alguns exemplos dessa colaboração podem ser mencionados a título de esclarecimento: as firmas Otsuka, Hayahibara e Nochiba estão realizando esforços conjuntos para a produção de interferons dos tipos Alfa, Beta e Gama, com grande mercado no tratamento do câncer; Asahi Chemical Industrie e Dainippon Pharmaceutical estão trabalhando juntas para descobrir um fator de necrosamento de tecidos.

Não são apenas entre firmas japonesas que se estão adotando técnicas de colaboração interempresas para obter o domínio na área biotecnológica. Diversas firmas japonesas mantêm acordos com firmas e universidades de outros países, especialmente dos EUA e da Europa Ocidental (quadro 4).



QUADRO 4 – EXEMPLOS DE ACORDO EM BIOTECNOLOGIA ENTRE FIRMAS JAPONESAS E FIRMAS OU ORGANISMOS ESTRANGEIROS.

FIRMA JAPONESA	FIRMA/ORG. ESTRANGEIRA
AJINOMOTO	STANFORD, BIOTECH RESEARCH LAB.
CHUGAI	AMERSHAM (UK)
DAIICHI SEIYAKU	GENETIC SYSTEMS (US) GENENTECH (US)
DAINIPPON PHARM.	ABBOTT
FUJIZOKO PHARM.	BIOTECH RESEARCH (US), TECHICLONE (US)
GREEN CROSS	COLLABORATIVE RESEARCH, NATIONAL PATENT DEVT CORP, INFEREON SCIENCES, GENEX, BIOGEN
KYOWAK-HAKKO	GENENTECH, STANFORD
MEIJI SEIKA	SERALE, ENZO BIOCHEM, BIOGEN
MITSUBISHI	GENENTECH, HYBRITECH, KEY PHARM, MONSANTO
MITSU TOATUSU	GENEX
NIPPON REIZO	CENTENIAL CORP
SANKYO	DUPONT DE NEMOURS
SHINOBI	BIOGEN, ELI LILLY
SUMITOMO	CELLTECH (K), WELCOME FOUNDATION (UK)
SUNTORY	STANFORD
TAKEDA	STANFORD
TEIJIN	HYBRITEC, BIOGEN
TOYOJOZO	JOHN HOPKINS UNIVERSITY
TOYO MENKAKAISHA	BIOERACH (USP)
TYOBO	INTEGRATED GENETICS
YAMANOUCHI	GENEX
INVESTIDORES NÃO IDENTIFICADOS	US\$ 4,5 MILHÕES NA GENENTECH

FONTE: OCDE

Na Europa, a partir também da constatação do seu atraso relativo em relação ao Estados Unidos e ao Japão, um grande esforço vem sendo feito no sentido de adquirir competência para concorrer a nível internacional em biotecnologia.

Do ponto de vista do Congresso norte-americano, através do seu Escritório de Assessoria Tecnológica,

*(. . .) Os países europeus não estão se movendo tão rapidamente na direção da comercialização da biotecnologia, como o Japão e os Estados Unidos, em parte porque grande parte das indústrias farmacêuticas e químicas da Europa hesitaram em investir em biotecnologia e em parte porque a tradição cultural e legal não estimula a promoção de "venture capital" e, conseqüentemente, associações de risco. Entretanto, muitas das grandes empresas químicas e farmacêuticas do Reino Unido, Alemanha Ocidental, Suíça e França, serão seguramente competidores em produtos selecionados no futuro, por causa de suas posições proeminentes nas vendas mundiais de produtos biologicamente derivados.<sup>8</sup>*

O esforço europeu, além de tudo, tem uma característica muito particular: a possibilidade que há, na Europa, do desenvolvimento multinacional em vários aspectos. Assim sendo, além dos programas nacionais, há importantes programas realizados pela Comissão das Comunidades Européias, principalmente depois que o relatório FAST demonstrou o atraso relativo da Europa em termos mundiais. Os programas europeus, em geral, estão fixados em termos de tentativa de ocupar um espaço determinado no mercado mundial futuro.

Além desses programas, há, também, esforços a nível nacional, principalmente na França e na Inglaterra. Na Itália, a instalação do centro de pesquisas da United National Industrial Development Organization – UNIDO –, em engenharia genética, também não ocorreu por acaso.

<sup>8</sup> OFFICE OF TECHNOLOGY ASSESSMENT, p. 8.

(. . .) O ocorrido nos EUA, faz com que outros países desenvolvidos, impressionados com a enorme "gap" científico e tecnológico que se abre no setor e conscientes da importância estratégica de se possuir o domínio das tecnologias da área começam a planejar, já a partir do final dos anos 70, a maneira pela qual se deveria dar a intervenção pública visando diminuir a situação de desequilíbrio gerada pelo avanço americano. Relatórios nacionais analisando a biotecnologia e propondo mecanismos de ação governamental surgem na Alemanha (já em 74), Inglaterra (1980), no Canadá (1980), na França (1981) na Holanda (1981), na Austrália (1981) e em alguns outros países desenvolvidos. Planos detalhados são elaborados nos diversos países, comprovando a necessidade de sistematizar a intervenção na área.<sup>9</sup>

Na Inglaterra, por exemplo, país tradicionalmente avesso à intervenção estatal direta em assuntos econômicos, o Estado — contrariando sua tendência histórica — cria uma empresa destinada a pesquisar e desenvolver produtos e processos na área da biotecnologia.

A França, em reconhecimento do seu atraso relativo, também investe maciçamente em biotecnologia, com o objetivo explícito de ocupar em torno de 10% do mercado mundial de produtos biotecnológicos no ano 2000.

Também a União Soviética — embora pouco se saiba dos desenvolvimentos na área dos países socialistas — está realizando fortes investimentos em biotecnologia, determinados diretamente pelos mais altos organismos do governo soviético.

Essas rápidas apreciações sobre a prioridade dada pelos governos dos países desenvolvidos ao progresso na área biotecnológica bem demonstram a importância de produtos e processos baseados nas ciências biológicas num futuro próximo.

Ao contrário do que se pensa, o desenvolvimento da biotecnologia não ocorre apenas através de investimento em massa crítica, o que tornaria razoavelmente possível a competição de países do Terceiro Mundo em termos internacionais. O padrão de investimentos necessários ao desenvolvimento de novas biotecnologias é bastante alto, pois tanto os melhores cientistas na área quanto os laboratórios e materiais necessários a P & D são bastante dispendiosos. Isso coloca, de início, a impossibilidade de os países do Terceiro Mundo concorrerem em pé de igualdade com países do Primeiro Mundo. Não elimina, entretanto, a possibilidade de concorrerem em algumas áreas, desde que os esforços sejam feitos a partir de delimitações claramente estabelecidas.

## Brasil

A primeira tentativa de estabelecer uma política de desenvolvimento biotecnológico no Brasil está consolidada no Programa Nacional de Biotecnologia — PRONAB —, elaborado no CNPq/FINEP em 1982, não muito depois, portanto, da instituição de programas de desenvolvimento biotecnológico nos principais países desenvolvidos. Contudo, até o presente momento, poucos resultados advieram do PRONAB, provavelmente pela forma como este foi estruturado.

O PRONAB, na verdade, não é mais que a consolidação de programas que já se achavam em andamento em diversas áreas, especialmente a energia, incluindo aí o PROÁLCOOL, sem a delimitação clara de objetivos e áreas

<sup>9</sup> ANCIÃES, Wanderley & CASSIOLATO, José Eduardo. *Biotecnologia: seus impactos no setor industrial*. Brasília. CNPq, 1986, p. 83.

prioritárias a serem atingidos. Os recursos mencionados como alocados no PRONAB muitas vezes pouco têm a ver com o desenvolvimento em biotecnologia. Suas características são:

- a) *ser de certa forma uma consolidação de gastos que já vinham sendo efetuados, tradicionalmente, pelo CNPq/FINEP na área de biologia. O CNPq, desde a década de '60, sempre privilegiou a área biológica (juntamente com a física) no que se refere à concessão de diversas modalidades de bolsas e de apoio à pesquisa. Na verdade, o PRONAB significa, em certa medida, a continuidade dessa política do CNPq. Em verdade, através do PRONAB, ocorreu uma alocação complementar de recursos, bem como uma relativa organização dos esforços previamente realizados na área;*
- b) *no que se refere ao volume de gastos envolvidos no PRONAB, deve ser salientado tanto a indefinição da componente efetivamente destinada à pesquisa em relação à parcela dos gastos em atividades-meio e subalternas como o enquadramento, dentro do programa, da totalidade dos gastos sob a rubrica de pesquisas no âmbito do PROALCOOL;*
- c) *grande parte dos itens do PRONAB são, na verdade, metas relacionadas com a formação de recursos humanos. Novamente, repete-se no PRONAB a visão de política científico-tecnológica decorrente da formação de recursos humanos. Em se tratando da biotecnologia, um ponto crítico reside na passagem de pesquisa básica para a aplicação industrial, isto é, há indicações de que a pesquisa básica na biotecnologia, contrariamente à física, por exemplo, é relativamente barata tendo em vista o custo total de um projeto. O problema crucial é o alto custo no estágio de desenvolvimento do produto/processo (P & D), ainda mais quando se trata de Brasil, onde os pesquisadores são altamente pressionados para conseguirem altos índices de performance na fase piloto a fim de diminuir os riscos e incertezas na fase de aplicação industrial. Dessa maneira, os custos na fase de desenvolvimento são acrescidos substancialmente. A fermentação alcoólica contínua é um dos casos no qual os pesquisadores encarregados de desenvolver o processo, da fase laboratorial para a piloto, sofrem pesadas pressões do ambiente no sentido de minimizar o risco industrial futuro e ficam, portanto, com poucas oportunidades de reeditar o seu experimento no caso de fracasso do projeto. O PRONAB, ao não considerar essas circunstâncias – a trajetória e pontos críticos da pesquisa em biotecnologias –, abre um flanco para que o programa se fragilize.*<sup>10</sup>

As observações acima dão uma idéia bastante clara do grau de improvisação com que foi elaborado o PRONAB, parecendo mais uma forma de afirmar que o Brasil investia nessa área, do que efetivamente um programa bem planejado para articular o desenvolvimento nacional em biotecnologia.

Do ponto de vista de concepção, o PRONAB, efetivamente, não cons-

<sup>10</sup> ANCIÃES & CASSIO. LATO, p. 129-30.

titui um programa, uma vez que seu espectro de abrangência, extremamente largo, não definia prioridades, permitindo investimentos em muitas linhas de pesquisa.

O governo federal, apesar de ter incluído a biotecnologia entre suas prioridades, através da criação de uma Secretaria Especial de Biotecnologia — afeta ao Ministério da Ciência e Tecnologia —, e do PRONAB e da inclusão da biotecnologia no Plano Nacional de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico — PADCT —, vem encontrando dificuldades de ordem financeira na implementação efetiva de uma política de apoio ao desenvolvimento científico e tecnológico. Contudo, isto não significa afirmar que os organismos federais não estejam financiando a Pesquisa e Desenvolvimento em biotecnologia.

As agências de fomento científico e tecnológico têm dado à biotecnologia a mesma atenção dos outros segmentos considerados prioritários para a Nação. Entretanto, diferentemente da política de informática, por exemplo, não se conseguiu até o presente momento a formulação de uma Política Nacional de Biotecnologia, com prioridades bem definidas e recursos alocados.

A Secretaria Especial de Biotecnologia, de criação muito recente, ainda não manifestou claramente suas intenções no que se refere a um plano nacional de investimentos em biotecnologia.

O PRONAB, embora não tenha sido desativado, praticamente foi absorvido pelo PADCT — Subprograma biotecnologia — Sbio —, principalmente em função da disponibilidade de recursos deste último face ao primeiro. O fato de o PRONAB ter sido absorvido pelo PADCT — Sbio não altera os objetivos estabelecidos por um e por outro, à medida que as prioridades de um são exatamente as mesmas do outro, concentrando-se em agropecuária, saúde e energia.

Além do PADCT — Sbio, recursos são disponíveis para financiamento, através da FINEP, via Fundo Nacional de Ciência e Tecnologia — FNDCT —, do Banco do Brasil, via Fundo de Incentivo à Pesquisa Técnico-Científica — FIPEC —, ainda através da Secretaria de Tecnologia Industrial do Ministério da Indústria e Comércio — STI/MIC —, voltada especialmente para a área de energia, principalmente à produção de etanol, a partir da cana-de-açúcar, substâncias amiláceas e celulose.

Tendo em vista que os recursos da FINEP, FIPEC e STI/MIC não visam especialmente à biotecnologia, englobando-a dentro do seu espectro mais geral, é possível apenas uma rápida análise dos recursos disponíveis no PADCT. Antes de qualquer aprofundamento da análise, vale lembrar certas circunstâncias que moldaram o PADCT, tal qual ele se apresenta neste momento, dando ênfase ao Sbio.

O PADCT foi criado em 1984 com o objetivo de suprir áreas consideradas carentes de recursos, no planejamento global de Ciência e Tecnologia — C & T —, no Brasil; seus objetivos gerais foram assim delineados:

- a) suprimir lacunas no atendimento de áreas prioritárias, através de ações de grande amplitude;
- b) reforçar a infra-estrutura de apoio e serviços, essenciais à operação do setor de C & T;
- c) fortalecer as ligações entre o esforço de desenvolvimento de C & T e o setor produtivo;
- d) organizar as ações em sua área de atuação, de modo a contribuir para reforçar a coordenação pelo CCT, do Sistema Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico — SNDCT — como um todo.

A inclusão de um subprograma de biotecnologia pode-se enquadrar dentro da primeira prioridade. Isso, entretanto, não quer dizer que a biotec-

nologia esteja a descoberto no que se refere aos investimentos anteriores do SNDCT, uma vez que o PRONAB, que data de 1981, vinha destinando recursos a P & D em biotecnologia, contemplando inclusive as mesmas áreas prioritárias do PADCT.

Do ponto de vista da alocação de recursos, o orçamento do PADCT, aprovado em 1985, destina um montante bastante considerável, da ordem de US\$ 550 milhões a investimentos em desenvolvimento científico e tecnológico. Desse montante, as áreas mais privilegiadas são a química e engenharia química, com cerca de 24 % dos recursos; a tecnologia industrial básica, com 19% e, em terceiro lugar, a biotecnologia, com 17% dos recursos totais (tabela 1).

TABELA 1 - ORÇAMENTO GERAL DO PADCT, SEGUNDO SEUS SUBPROGRAMAS - 1985  
(Em US\$ 1 000)

SUBPROGRAMA	VALOR	
	Abs.	%
Educação para Ciência	44 000	8,09
Biotecnologia	92 300	16,98
Química e Engenharia Química	130 000	23,90
Geociências e Tecnologia Mineral	52 050	9,57
Instrumentação	40 000	7,35
Planejamento e Gestão em C & T	9 000	1,65
Informação em C & T	16 510	3,04
Manutenção *	46 195	8,49
Provimento de Insumos Essenciais	103 000	18,94
Tecnologia Industrial Básica	543 883	100,00
TOTAL	543 883	100,00

FONTE: CNPq

\*Resultado aproximado em função da impossibilidade de cálculo exato através dos orçamentos do PADCT.

É preciso esclarecer, ainda, que o PADCT se divide em dois períodos: um primeiro, chamado Plano Básico, com vigência no período de 1984-88 e um segundo, Plano Adicional, sem prazo definido de vigência. A nível geral, dada a forma diferenciada de apresentação dos orçamentos dos diversos subprogramas, torna-se impossível discriminar o montante de recursos alocado em cada um dos planos. O Subprograma de biotecnologia, entretanto, está claramente definido em termos dos recursos disponíveis para cada um dos planos.

Os orçamentos para os diversos subprogramas do PADCT, elaborados por grupos técnicos com representação dos segmentos científicos e empresariais envolvidos, na verdade constituíram muito mais uma declaração de intenções do que uma programação de dispêndios; isto porque a efetiva implementação dos gastos implicaria a contratação de empréstimos externos que, devido ao longo prazo de execução dos dispêndios, ficariam imobilizados durante longo período de tempo, no qual os juros incidentes sobre os empréstimos deveriam ser pagos.

Assim sendo, o governo optou por contratar empréstimos bem menores que aqueles necessários para efetiva implementação dos orçamentos em análise, buscando evitar um incremento adicional na dívida externa brasileira.

Isto significa que, na verdade, os dispêndios do PADCT, nos seus diversos subprogramas, muito pouco tiveram a ver com o planejamento representado pelo orçamento.

Dessa maneira, a análise do orçamento disponível do PADCT só tem sentido enquanto análise de intenções de investimento do governo federal, através de suas agências de fomento científico e tecnológico, e não como dispêndio, com conseqüências de efetivo fomento.

Mesmo assim, é interessante notar de que forma se distribuíram os recursos no orçamento original, de modo a que se possa compreender quais as prioridades efetivas a nível de governo central. Na tabela 2 aparece a distribuição dos gastos segundo os objetivos do subprograma.

TABELA 2 - INVESTIMENTOS GLOBAIS DO SUBPROGRAMA BIOTECNOLOGIA DO PADCT, POR PLANOS, SEGUNDO OBJETIVOS - 1985

(Em US\$ 1 000)

OBJETIVO	PLANO				TOTAL	
	Básico		Adicional		Abs.	%
	Abs.	%	Abs.	%		
Fomação de Recursos Humanos	9 409	18,09	6 581	16,33	15 990	17,31
Implementação de Projetos (P & D)	10 811	20,79	17 743	43,36	28 248	30,57
Infra-estrutura	16 150	31,06	11 380	28,24	27 530	29,79
Intercâmbio	4 647	8,94	2 736	6,79	7 383	7,99
Planta Piloto	4 750	9,13	—	—	4 750	5,14
Extensão Tecnológica	1 040	2,00	680	1,69	1 720	1,86
Serviços	5 193	9,99	1 450	3,60	6 643	7,19
<b>TOTAL</b>	<b>52 000</b>	<b>100,00</b>	<b>40 300</b>	<b>100,00</b>	<b>92 000</b>	<b>100,00</b>

FONTE: CNPq/PADCT

Efetivamente, o planejamento dos gastos por objetivo privilegia aspectos-chaves para o desenvolvimento da biotecnologia no Brasil, destinando os maiores montantes de recursos para projetos de P & D, formação de recursos humanos e formação de infra-estrutura, três dos principais gargalos no desenvolvimento da biotecnologia brasileira.

Aspectos problemáticos do orçamento global se encontram no pequeno montante de recursos destinado a instalações de plantas-piloto e extensão tecnológica.

No primeiro caso, a preocupação advém do fato de que em biotecnologia muitas vezes o processo de *scale-up* requer maiores investimentos que os próprios processos de pesquisa, dadas as dificuldades de manipulação de organismos vivos em grande escala. Problemas como degeneração genética, contaminação do material de trabalho, etc., freqüentemente podem pôr a perder grandes investimentos feitos na fase de P & D de nível experimental.

Além disso, o Plano Adicional — posterior ao Plano Básico — não prevê dispêndios em plantas-piloto. Ora, provavelmente, no decorrer da implementação do Plano Adicional, devem começar a surgir resultados de interesse comercial dos investimentos feitos em P & D no Plano Básico, ocasionando uma maior necessidade de investimentos em *scale-up*, ou seja, na construção de plantas-piloto; neste momento, recursos para essa finalidade não estarão disponíveis.

O segundo problema se refere tanto à pequena monta de recursos para o desenvolvimento de plantas-piloto como à reduzida importância orçamentária do item "extensão tecnológica". Esse problema, na verdade, reveste-se de maior gravidade, pois evidencia um desvio academicista do Subprograma biotecnologia do PADCT.

Ao contrário do discurso geral a nível federal, a análise do orçamento global do PADCT – Subprograma biotecnologia mostra uma importância relativamente reduzida da interligação da pesquisa com o setor produtivo, claramente manifesta pela pequena previsão orçamentária destinada à transferência de tecnologia do laboratório para a empresa (extensão tecnológica), podendo implicar dificuldades para a entrada de produtos biotecnológicos nacionais nos mercados a que se destinam.

Uma das possíveis implicações para esse desvio talvez possa ser encontrada na composição do grupo técnico de biotecnologia do PADCT – aliás o mesmo que elaborou o PRONAB. Entre os dezessete membros componentes, apenas dois são ligados a empresas vinculadas à produção de produtos biotecnológicos, sendo os quinze restantes representantes da burocracia estatal, de institutos de pesquisa ou de grupos de pesquisa universitários. Compreende-se, pois, a razão pela qual a pesquisa, provavelmente básica, é capaz de canalizar uma massa de recursos bastante maior que o *scale-up* e a transferência de tecnologia do laboratório para a empresa. Esse fato não é de *per se* negativo, uma vez que a pesquisa básica e a capacitação de recursos humanos no Brasil ainda são problemas a serem resolvidos caso se deseje algum grau de autonomia tecnológica na área. Entretanto, o segundo passo – a produção comercial – é tão importante quanto o primeiro, não podendo ser relegado a um plano secundário. A distribuição setorial dos recursos, segundo os objetivos e planos de dispêndio, aparece na tabela 3.

TABELA 3 – INVESTIMENTOS GLOBAIS DO SUBPROGRAMA BIOTECNOLOGIA DO PADCT, POR PLANOS, SEGUNDO OBJETIVOS E SETORES PRIORITÁRIOS - 1985.

(Em US\$ 1 000)

OBJETIVO SETOR	PLANO				TOTAL	
	Básico		Adicional		Abs.	%
	Abs.	%	Abs.	%		
Formação de Recursos						
Humanos	9 409	18,09	6 581	16,33	15 990	17,32
Saúde	4 328	8,32	3 027	7,51	7 355	7,97
Agropecuária	2 917	5,61	2 040	5,06	4 957	5,37
Energia	2 164	4,16	1 514	3,76	3 678	3,98
Pesquisa e Desenvolvimento*						
Saúde	37 398	71,91	32 269	80,07	69 667	75,47
Agropecuária	17 203	33,08	14 844	36,83	32 047	34,72
Energia	11 593	22,29	10 003	24,82	21 596	23,39
Serviços	8 602	16,54	7 422	18,41	16 024	17,36
Saúde	5 193	9,99	1 450	3,60	6 643	7,20
Agropecuária	2 389	4,59	667	1,65	3 056	3,31
Energia	1 610	3,10	450	1,12	2 060	2,23
TOTAL	1 194	2,30	330	0,83	1 524	1,65
TOTAL	52 000	100,00	40.300	100,00	92 300	100,00

FONTE: CNPq/PADCT

\*Inclui Implementação de Subprojetos, Infra-estrutura, Intercâmbio, Planta Piloto e Extensão Tecnológica.

Os gastos previstos para P & D assumem importância primordial no PADCT – Subprograma biotecnologia; deve-se, porém, ter em mente que, sob a rubrica P & D, uma série de gastos é agrupada; na verdade, todo o financiamento a projetos, excluída a formação de recursos humanos, é englobada sob a rubrica P & D, significando que nem todos aqueles recursos destinam-se efetivamente à Pesquisa e Desenvolvimento de produtos e processos. A forma de apresentação dos dados, todavia, impede que se delimite com clareza, a não ser em nível muito geral, os dispêndios efetivados em P & D. Também são claros os critérios que nortearam a distribuição dos recursos.

Do ponto de vista setorial, há um claro privilégio ao setor saúde, em detrimento da agropecuária e da energia. Poder-se-ia argumentar que esse privilégio explica-se pela existência, por um lado, de uma grande estrutura de pesquisa estatal para a agropecuária (EMBRAPA) e, por outro, de programas específicos para produção de energia a nível de Secretaria de Tecnologia Industrial do Ministério de Indústria e Comércio. Este argumento, entretanto, vai por água abaixo, ao se lembrar que o setor saúde conta também com uma grande estrutura de pesquisa (Fundação Oswaldo Cruz – FIOCRUZ – e Central de Medicamento – CEME –, por exemplo) e programas específicos de financiamento (tabela 4).

TABELA 4 – APLICAÇÃO DE RECURSOS DO SUBPROGRAMA BIOTECNOLOGIA DO PADCT, POR PLANOS, SEGUNDO SETOR E OBJETIVOS - 1985.

(Em US\$ 1 000)

SETOR OBJETIVO	PLANO				TOTAL	
	Básico		Adicional		Abs.	%
	Abs.	%	Abs.	%		
Saúde	23 920	46,00	18 538	46,00	42 458	46,00
Recursos Humanos	4 328	8,32	3 027	7,51	7 355	7,97
P & D*	17 203	33,08	14 844	36,83	32 047	34,72
Serviços	2 389	4,59	667	1,66	3 056	3,31
Agropecuária	16 120	31,00	12 493	31,00	28 613	31,00
Recursos Humanos	2 917	5,61	2 040	5,06	4 957	5,37
P & D*	11 593	22,29	10 003	24,82	21 596	23,40
Serviços	1 610	3,10	450	1,12	2 060	2,23
Energia	11 960	23,00	9 266	23,00	21 226	23,00
Recursos	2 164	4,16	1 514	3,75	3 678	3,98
P & D*	8 602	16,54	7 422	18,42	16 024	17,36
Serviços	1 194	2,30	330	0,08	1 524	1,65
<b>TOTAL</b>	<b>52 000</b>	<b>100,00</b>	<b>40 300</b>	<b>100,00</b>	<b>92 300</b>	<b>100,00</b>

FONTE: CNPq/PADCT

\*Inclui implementação de Subprojeto, Infra-estrutura, Intercâmbio, Planta Piloto e Extensão Tecnológica.

Sem, em nenhum momento, deixar de reconhecer a importância econômica e social do desenvolvimento na área de saúde, deve-se destacar alguns possíveis problemas de um programa brasileiro de biotecnologia que tenha na saúde humana sua principal linha de ação.

Em primeiro lugar, a indústria farmacêutica instalada no Brasil – a maior beneficiária econômica dos resultados da pesquisa biotecnológica em saúde – é um dos segmentos mais internacionalizados da economia brasileira.



Assim, a apropriação econômica dos resultados da pesquisa tenderia a beneficiar mais fortemente capitais de origem externa que os internamente acumulados, ainda mais porque a legislação brasileira impede a concessão de patentes a produtos e processos farmacêuticos, permitindo a apropriação dos resultados economicamente aproveitáveis da pesquisa por qualquer empresa instalada em solo nacional.

De fato, o privilégio concedido ao setor saúde é bem claro, não sendo aparentes, entretanto, os critérios que nortearam a distribuição dos recursos entre os três setores considerados prioritários pelo PRONAB e pelo PADCT – Subprograma biotecnologia.

Finalmente, deve-se lembrar que o orçamento do PADCT analisado não está sendo implementado da forma planejada, não existindo ainda um novo orçamento consolidado que permita uma análise do que concretamente está sendo feito a nível de aplicação de recursos governamentais no desenvolvimento da biotecnologia brasileira.

# BIOTECNOLOGIA NO BRASIL

## Saúde

A indústria farmacêutica no Brasil é destacadamente um setor dominado por empresas multinacionais. Esse quadro de desnacionalização veio sendo traçado progressivamente a partir da 2ª Guerra Mundial, acentuando-se fortemente na década de 50, época em que algumas importantes empresas multinacionais se instalaram no Brasil, introduzindo no mercado fármacos extraídos por processos químicos sofisticados, que exigem altos investimentos governamentais em P & D.

As empresas nacionais, carentes de apoio econômico do governo e sem qualquer tradição de investimento em pesquisa, não conseguem acompanhar a nova tendência. Aos laboratórios nacionais resta um limitado mercado de medicamentos tradicionais e de fácil extração e preparo. Atualmente, o setor farmacêutico nacional enfrenta um *gap* tecnológico muito grande na indústria química de produção de fármacos.

Dados estimativos sobre a indústria farmacêutica levantados pelo Núcleo de Política Científica e Tecnológica da Universidade Estadual de Campinas – NPCT/UNICAMP – (1985) indicam que 88% do mercado farmacêutico está nas mãos de empresas estrangeiras; o percentual de 4,1% do mercado total de fármacos que cabe a indústrias nacionais está limitado a pequenas empresas.

O laboratório Aché do Rio Grande do Sul, considerado a maior empresa nacional farmacêutica e a quinta em vendas no mercado, teve recentemente seu controle acionário transferido para um grupo estrangeiro.<sup>11</sup>

Na indústria de antibióticos, a Cibran era a única empresa nacional a fabricar eritromicina na América Latina, mas, atualmente, já conta com capital estrangeiro.

A situação do setor farmacêutico nacional em 1984 caracterizava-se pela inexistência de empresas nacionais, dentre as 20 maiores do setor farmacêutico.

A biotecnologia, utilizando processos fermentativos tradicionais e novas técnicas da engenharia genética, surge como alternativa tecnológica viável para a indústria nacional. A otimização de produtos biossintetizados garantirá ao Brasil uma capacitação futura na produção de fármacos.

A Pesquisa e Desenvolvimento da biotecnologia aplicada à saúde no Brasil está restrita a poucas instituições; destacam-se, principalmente, a Fundação Oswaldo Cruz no Rio de Janeiro e o Instituto Butantã, em São Paulo.

A Fundação Oswaldo Cruz, subordinada ao Ministério da Saúde, desenvolve importantes estudos de pesquisa e produção de produtos imunobiológicos, por processos fermentativos, técnicas de DNA recombinante e hidridomas. É responsável pela fabricação, por processos fermentativos, de vacinas na prevenção da meningite A, C, W, Y e 29-E e, por processos tradicionais, da vacina antimalárica e da vacina contra sarampo. Importantes pesquisas a nível molecular utilizando a técnica de DNA recombinante estão sendo desenvolvidas nessa instituição para obtenção de uma vacina contra a Doença de Chagas e Leishmaniose. As pesquisas em engenharia genética estão ainda voltadas para a produção de enzimas de restrição, amplamente utilizadas nas novas tecnologias de DNA recombinante. Desenvolvem-se, também, por tecnologia de anticorpos monoclonais, *kits* para diagnóstico de hepatite B e rotavírus.

11 SALLES FILHO, Sérgio Luiz Monteiro. *As novas tecnologias de base biológica e os processos fermentativos: o caso brasileiro*. In: VIEGAS, João Alexandre & BARROS, Pedro Motta de, org. *Biotecnologia e desenvolvimento nacional*. São Paulo, Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1985. p. 237-93.

O Instituto Butantã atua na área de P & D de produção de imunobiológicos para saúde pública, fabricando por vias tradicionais e fermentativas 17 tipos de soros específicos, 17 vacinas e um teste diagnóstico. Produz soros do tipo antiofídico, antitetânico, anti-rábico, antidiftérico e outros, e vacinas bacterianas para controle de difteria, coqueluche e tétano. Atualmente, vem trabalhando com importante projeto que visa à clonagem e expressão de vírus da poliometelite para futura produção de vacinas.

Existem certos departamentos de universidades, como no caso da Escola Paulista de Medicina, UnB, UFRJ, UNICAMP, nos quais importantes projetos de pesquisa vêm sendo viabilizados através da aplicação de técnicas biológicas, de ponta, tais como técnicas de isolamento e genes por clonagem molecular, produção de anticorpos monoclonais pela técnica de hidridoma, caracterização de antígenos parasitários e clonagem moleculuar de seus genes para desenvolvimento de vacinas.

O Centro de Biotecnologia da UFRS está pesquisando, por técnicas de engenharia genética e vias de fermentação, a produção de vacina contra a febre aftosa em bovinos.

A nível de empresas nacionais que utilizam técnicas biossintetizadas na produção de fármacos e insumos, tem-se o exemplo promissor da Biobrás. A Biobrás (Bioferm, Biofar) é um grupo formado pela iniciativa de professores do Departamento de Bioquímica da UFMG, que, durante grande parte da fase de seu desenvolvimento, manteve forte ligação com a Universidade. Situada em Montes Claros, MG, foi fundada em 1971. Atua na área de produção de enzimas para indústrias alimentar, têxtil e de produção de álcool combustível e ainda na área de saúde, produz insumos para laboratórios – reagentes e meio de cultura – e *kits* reagentes para diagnósticos de enfermidades humanas e animais. O carro-forte da Biobrás é a produção de insulina extraída de pâncreas animal para tratamento de diabetes.

Deve-se atentar para a posição privilegiada das multinacionais instaladas no Brasil. Estas vêm desenvolvendo em suas matrizes na Europa e EUA, centros avançados de pesquisa em biologia molecular e processos fermentativos para obtenção de fármacos. Como exemplo têm-se empresas, tais como: Ciba-Geigy, La Roche, Sandoz, Du Pont, Rhodia, Fontoura – Wyeth, Hoechst, Eli-Lilly, Monsanto, Bayer, Basf e Merck e Searle.

O quadro 5 relaciona as instituições públicas, empresas privadas e universidades que trabalham no campo da biotecnologia aplicada à área de saúde.

## Energia

A prioridade nacional neste setor é a busca de fontes energéticas alternativas ao petróleo. As iniciativas em P & D estão direcionadas para pesquisas que visam ao domínio científico e tecnológico dos processos de fermentação de biomassa para produção de álcool etílico.

Paralelamente, e de igual relevância, são os estudos voltados para busca e melhoramento genético de novas matérias-primas renováveis para produção de combustível. Outro importante aspecto é a necessidade de se otimizar para o mesmo fim o rendimento agrícola de culturas como cana-de-açúcar e mandioca.

O PROÁLCOOL tem concentrado grande volume de esforços na utilização da cana-de-açúcar para a produção de álcool. A STI e a PETROBRÁS vêm desenvolvendo projetos voltados para a produção de etanol a partir da mandioca.

QUADRO 5 - ENTIDADES QUE TRABALHAM COM BIOTECNOLOGIA NO SETOR SAÚDE, SEGUNDO PESQUISA - 1985

PESQUISA ENTIDADE	Nº DE PESQUISADORES	PESQUISA ENTIDADE	Nº DE PESQUISADORES
Processamento de Vacinas por Tecnologia Tradicional		Desenvolvimento de Processos de Produção de Insumos e Prestação de Serviços em Biotecnologia	
FIOCRUZ	4	Microbiológica - Consultoria, Análises, Produção Biológica-RJ	4
Instituto Butantã	5	UFRRJ	
UnB		Instituto de Microbiologia	4
Departamento de Biologia (Imunologia)	1	Instituto de Biofísica	1
TECPAR	1	Departamento de Genética	1
UFPE		FIOCRUZ	4
Departamento de Microbiologia	1	USP	
TOTAL	12	Instituto de Química	2
Isolamento de Genes por Clonagem Mol. e atc. Monoclonais pela Técnica de hidridoma		Departamento de Bioquímica	2
FIOCRUZ	5	UnB	
USP		Departamento de Biologia Celular	3
Departamento de Bioquímica	2	UFMG	
Faculdade de Medicina	1	Departamento de Biologia e Imunologia	2
Instituto de Biociências	1	Laboratório de Vírus	1
UFMG		Escola Paulista de Medicina	2
Departamento de Imunologia e Bioquímica	2	UNESP - Campus Jaboticabal	
Departamento de Microbiologia	1	Departamento de Microbiologia	1
UnB		UFRS	1
Departamento de Bioquímica	1	UERJ	
Departamento de Medicina Complementar	1	Departamento de Microbiologia	1
Departamento de Biologia Celular	1	Instituto Butantã (SP)	1
UFRS		Bioferm (Fermentações) - (BH-MG)	1
Centro de Biotecnologia	3	Biobrás (Montes Claros-MG)	1
Escola Paulista de Medicina			
Departamento de Micro-Imuno-Parasito	2	TOTAL	32
UFRRJ		Caracterização de Atg Parasitários e Clonagem Molecular de seus Genes para Pesquisas e Desenvolvimento de Vacinas	
Instituto de Biofísica	2	Escola Paulista de Medicina	5
Instituto de Ciências Biomédicas (Departamento Micro-Imuno)	1	UFRRJ	
Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (SP)	1	Instituto de Biofísica	4
TOTAL	23		
Desenvolvimento de Métodos para Diagnósticos e Caracterização de Patógenos		USP	
FIOCRUZ	5	Instituto de Química	2
Escola Paulista de Medicina	2	Instituto de Bioquímica	2
USP		Faculdade de Medicina	2
Faculdade de Medicina	1	UnB	
UNICAMP	1	Departamento de Biologia Celular	2
UFRS	1	FIOCRUZ	1
UERJ		TOTAL	18
Departamento Médico	1		
TOTAL	11	TOTAL GERAL	96

FONTE: IPARDES

Vários institutos de pesquisa e universidade do país vêm direcionando suas pesquisas em energia para a produção de etanol a partir de matérias-primas açucaradas, amiláceas e celulósicas. Pesquisas nessa linha viabilizam o aproveitamento do bagaço da cana, de resíduos agrícolas e matérias-primas amilolíticas (mandioca, sorgo, etc.).

A produção de biogás a partir de resíduos orgânicos, agropecuários e industriais, constitui outro importante segmento tecnológico de alternativas energéticas.

A tecnologia de biodigestores tem sido pensada como alternativa despoluidora e geradora de gás metano. O metano pode ser utilizado como combustível de automóveis para motores estacionários e máquinas agrícolas no meio rural, bem como na geração de energia em usinas. Os biodigestores têm importante atividade quando utilizados para tratamento de esgotos e lixo, reduzindo sua carga poluidora.

**Produção de Etanol** – Algumas empresas e universidades, com pesquisas voltadas para tecnologia de processos fermentativos para obtenção do etanol, vêm desenvolvendo experimentos de otimização do processo de fermentação de fluxo contínuo. Essa técnica, apesar de reconhecidamente mais avançada e produtiva, é ainda pouco dominada e divulgada no Brasil. Dificuldades de interação entre as pesquisas laboratoriais de fluxo contínuo e sua ampla utilização em escala industrial impõem novamente a necessidade de planos de ação comum entre instituições de pesquisa e usinas processadoras de álcool etílico.

Segundo levantamento feito por Salles Filho,<sup>12</sup> existem algumas empresas nacionais investindo em tecnologias inovadoras. Essas iniciativas, basicamente, encontram-se voltadas para otimização do processo industrial através da adoção de tecnologias de fermentação contínua. As inovações, variadas e numerosas, dizem respeito ao uso de leveduras mais adequadas a grandes concentrações de mosto – osmofílicas –, leveduras resistentes a altas temperaturas – termofílicas – e leveduras floculantes. O objetivo de várias usinas é reduzir a quantidade de vinhoto gerado, por álcool produzido, a partir da utilização de plantas inovadoras, o que vem sendo feito pelas CODISTIL (Grupo Dedini), em Pirassununga (SP), Inter-Rude, na Usina de Barra (SP), Usina Novo Engenho, em Casemiro de Abreu (RJ) e Zanini.

Os trabalhos para obtenção de etanol estão divididos em diferentes linhas de pesquisa. No processamento da biomassa, destacam-se os projetos conduzidos pelas seguintes instituições: ESAIQ, PETROBRÁS, Faculdade de Alimentos e Agrícola da UNICAMP, Instituto de Química, Bioquímica e Engenharia Química da USP, IPT e UnB. Muitas dessas instituições desenvolvem projetos de pesquisa em engenharia genética de microorganismos produtores de enzimas importantes no processo de fermentação e de leveduras floculantes.

**Produção de Metano** – A tecnologia de biodigestores é comumente utilizada em materiais orgânicos, tais como lixo e esgoto. Recentemente, as pesquisas neste setor têm sido direcionadas para aproveitamento de resíduos orgânicos industriais, como substrato de fermentação. Nesse sentido, a utilização do vinhoto – resíduo de usinas de álcool – em biodigestores é considerada opção de baixo custo, como processo despoluidor e, ainda, pelo fato de produzir gás metano, que poderá ser utilizado nas usinas para geração de energia.

O desenvolvimento da tecnologia de fermentação metanogênica, ainda embrionária no país, indica como programa básico a necessidade de concentração de esforços em P & D em duas linhas de pesquisa. A primeira diz respeito a pesquisas que visam à otimização do processo, através de experimentação e desenvolvimento de novos modelos de reatores, bem como ao aproveitamento de novos resíduos industriais nesses reatores. A segunda está relacionada aos problemas microbiológicos da biodigestão. Os microorganismos responsáveis pela biodegradação de resíduos com reatores anaeróbicos são formados por um complexo grupo de bactérias, leveduras e actinomicetos. Estes são ainda pouco conhecidos e de difícil manipulação. Experimentos voltados para o estudo de bactérias metanogênicas visam, a longo prazo, ao melhoramento de cepas e à conseqüente otimização do processo.

Projetos referentes a experimentos com reatores anaeróbicos estão sendo desenvolvidos no IPT, CETESB, SUREHMA, UCPR, EPUSP, UNESP, UFSCAR e UNICAMP. Dentre as empresas que já utilizam biodigestores, destacam-se os projetos da SANEPAR, em Curitiba (PR), CEDAE, no Rio de Janeiro, e ainda empresas privadas, tais como Techint e Brasmetano.

O quadro 6 mostra as várias instituições governamentais e algumas empresas privadas, com as suas diferentes linhas de pesquisa no setor de alternativas energéticas.

<sup>12</sup> SALLES FILHO

QUADRO 6 – ENTIDADES QUE TRABALHAM COM BIOTECNOLOGIA NO SETOR ENERGIA, SEGUNDO PESQUISA - 1985

PESQUISA ENTIDADE	Nº DE PESQUISADORES	PESQUISA ENTIDADE	Nº DE PESQUISADORES
Produção de Etanol a partir de Matérias-primas Açucaradas Amiláceas e Celulósicas		Biopolímeros - Complexos com Aplicação nas Indústrias de Petróleo e Carvão (xantonas, emulsonas e outros lipossacarídeos)	
ESALQ		USP	
Departamento de Genética	3	Escola Politécnica	1
CEBTEC	1	UNICAMP	
USP		Faculdade de Engenharia Agrícola e de Alim.	1
Instituto de Química	2	Escola Paulista de Medicina	1
Instituto de Biociências	1	UnB	
Departamento de Engenharia Química	1	Departamento de Biologia Celular	1
UFRJ			
Instituto de Química	2	Produção de Enzimas Relacionadas à Utilização de Biomassa para Fins Energéticos	
Departamento de Engenharia Bioquímica	1	USP	
IPT		Instituto de Química	1
Divisão de Química e Engenharia Química	2	Instituto de Biociências	2
Instituto Mauá de Tecnologia		Faculdade de Ciências Farmacêuticas	1
Escola de Engenharia Mauá (São Caetano do Sul-SP)	2	UF Viçosa	
ITAL (Campinas-SP)	1	Departamento de Tecnologia de Alimentos	2
UNICAMP		Departamento de Biologia Geral	1
Faculdade de Agronomia e Engenharia de Alim.	1	UNICAMP	
UF Viçosa	1	Departamento de Gen. e Evol.	1
Departamento de Biologia Geral		Faculdade de Agronomia e Engenharia Alimentar	1
UFRS		Instituto Mauá de Tecnologia	
Centro de Biotecnologia	1	Escola de Engenharia Mauá	2
UnB		UFMG	
Departamento de Biologia Celular	1	Instituto de Ciência Biológicas	2
UFPE		ESALQ	
Centro de Ciências Biológicas	1	Instituto de Genética	1
Produção de Etanol a partir de Matérias-primas Açucaradas Amiláceas e Celulósicas		UNESP	
EMBRAPA		Faculdade de C. Agron.	1
Área de Energia	1	UnB	
Centro de Tecnologia		Departamento de Biologia Celular	1
COOPERSUCAR	1	UFPR	
UFCE		Departamento de Bioquímica	1
Depto. de Química Analítica e Fitoquímica	1	UFPE	
Scenia (RJ)	1	Departamento de Bioquímica	1
Produção de Biogás a Partir de Resíduos Orgânicos, Agropecuária e Industriais		Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto	
USP		Departamento de Fisiologia	1
Instituto de Biociências	1	Escola Paulista de Medicina	1
UFRS		Departamento Micro-Imuno e Parasito	1
Centro de Biotecnologia	1	FUNBEC	
UFSCAR (SP)	1	Galpão do IBECC (Cidade Universitária-SP)	1
IPT		IPT	
Grupo de Biotecnologia	1	Divisão de Química e Engenharia Química	1
SUREHMA	1	Microbiológica (RJ)	1
		Bioferm	1
		TOTAL GERAL	59

FONTE: IPARDES

## Agropecuária

O setor agropecuário ocupa posição de destaque nacional, devido ao grande número de instituições que vêm desenvolvendo pesquisas em biotecnologia, aplicadas à pecuária e principalmente à agricultura (quadro 7). Mundialmente, a agricultura é considerada o setor de maior mercado potencial para a biotecnologia (quadro 8).

QUADRO 7 – ENTIDADES QUE TRABALHAM COM BIOTECNOLOGIA NO SETOR AGROPECUÁRIO, SEGUNDO PESQUISA - 1985

PESQUISA ENTIDADE	Nº DE PESQUISADORES	PESQUISA ENTIDADE	Nº DE PESQUISADORES
Engenharia Vegetal para Melhoramento Vegetal		UNICAMP	
EMBRAPA		Genética e Evolução	3
CERNAGEN (DF)	9	Engenharia de Alimentos	1
USP		EMBRAPA	
Instituto de Biociências	1	CENARGEN	6
Instituto de Botânica	1	SMS (RJ)	2
UnB	1	UFRS	
Tecnologia de Cultura de Células e Tecidos Vegetais		Centro de Biotecnologia	1
EMBRAPA		Departamento de Solos	1
CNPTRIGO	1	UFPA (Campina Grande-PB)	1
CERNAGEN	4	Fundação Universitária do Amazonas	
Bento Gonçalves-RS	1	Departamento de Genética	1
CNPSEC (Manaus)	1	UNESP-IGM	
UNICAMP		Departamento de Biologia Aplicada	1
Genética e Evolução	2	UFPA	1
Fisiologia Vegetal	1	INDA(AM)	1
ESALQ		UF Viçosa (MG)	2
CENA - Setor Radio Genético	2	UFRJ	
Instituto de Pesquisas Florestais	1	Instituto de Microbiologia	1
Genética	3	Agroceres	-
CEBETEC	1	IPT	-
IAC		Biotecnologia para Pecuária	
Seção de Virologia	1	ESALQ	
Seção de Viticultura	1	Departamento de Genética	2
Seção de Genética	2	UFRS	
USP		Faculdade de Veterinária	2
Instituto de Biociências	2	Instituto de Pesquisa Veterinária	1
UFPR		UFMG	
Instituto de Bioquímica	1	Escola de Veterinária	2
IAPAR	1	Departamento de Biologia	1
UFPEL		UFBA	
Departamento de Botânica	1	Escola Veterinária	2
IAA		IPAGRO - Sec. de Agricultura	
Seção de Fisiologia e Matologia	2	Departamento de Solos (Porto Alegre)	1
Equipesca	1	UFGO	1
Bioplanta	1	UFPEL	
EPAMIG (Uberaba-MG)	1	Faculdade de Medicina Veterinária (RS)	1
UNESP (Botucatu-SP)	1	Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (SP)	1
Tecnologia de Cultura de Cel e Tecidos Vegetais		Instituto de Pesquisa Veterinária "Desidério Finamor" (Cuiabá-MS)	2
UF Viçosa (MG)		Faculdade de Veterinária (CAV) Lages-SC	1
Departamento de Fitopatologia	1	PESAGRO	1
UFRJ		EMBRAPA	
Departamento de Virologia	1	RJ	1
Centro de Ciências de Saúde	1	CNP (Gado de Corte-MT)	1
PESAGRO		CENARGEN	1
Área de Olericultura (Itaqui-RJ)	1	EPAMIG (BH-MG)	1
Instituto de Biologia de São Paulo		UNESP Jaboticabal-SP)	2
Seção de Virologia	1	UF Viçosa (MG)	2
EMBRAPA		UFGO	
UEPAE de Cascata		Escola Veterinária	
PLANALSUCAR (Piracicaba-SP)	1	UNPA (AM)	1
Johnson & Johnson (SP)	1	IPABA (BA)	1
NPPN		Laboratório Nacional de Referência Animal (LANARA-MG)	1
Núcleo de Pesquisa de Produtos Naturais		Sec. Agricultura de SP	
Microorganismos de Imp. para Agricultura	1	Instituto de Pesca (SP)	1
ESALQ		Fundação Átila Taborda	
CENA	4	FAT - FUNBA	-
Departamento de Genética	5	Instituto José Chisoffi de Pesquisas Agropecuárias (Ragé-RS)	-
		STRACTA S.A.	
		Empreendimentos Alimentares (Brasília-DF)	-

QUADRO 8 – MERCADO POTENCIAL DA BIOTECNOLOGIA NO MUNDO.

(Em US\$ bilhão)

ÁREA	POTENCIAL DE MERCADO
Agricultura	30,0
Química	10,0
Medicina Humana	5,0
Ingredientes Alimentares	2,0
Insumos Animais	1,0
Aquacultura	0,5
Número Total Conservador*	50,0
Número Otimista Total*	100,0

FONTE: *Interciência 1983. Biotechnology in Americas. Prospects for Developing Countries. San José, Costa Rica, citado por Zylbersztajn, Décio et alii. In: Biotecnologia e o desenvolvimento nacional, p. 40.*

\* Estimativa

A introdução de técnicas biológicas na agricultura e na pecuária resultará em significativos impactos no mercado de insumos, através da substituição de inseticidas e fertilizantes químicos pelos bioinseticidas e por microorganismos fixadores de nutrientes e, ainda, em importantes avanços na produtividade de cultivares, através de técnicas de propagação *in vitro*. O potencial dessas técnicas concentra-se, além dessas aplicações imediatas, no fato de serem amplamente utilizadas e imprescindíveis como ferramenta básica para o desenvolvimento das técnicas de clonagem molecular e fusão de protoplastos. Estas viabilizarão a “engenharia” de plantas geneticamente superiores e mais próximas às necessidades específicas da agricultura.

**Agricultura** – A cultura de tecidos de plantas é uma técnica que vem sendo desenvolvida no Brasil, desde 1971, em laboratórios da seção de Bioquímica de Plantas do Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA –, da ESALQ, em Piracicaba, e no Instituto de Biociências da USP.

O domínio da técnica de cultura de tecidos para várias espécies de vegetais significa um aprimoramento dos métodos de multiplicação em massa de plantas, a serem utilizados para o incremento de produtividade e desenvolvimento da agricultura nacional.

Atualmente, muitas espécies vegetais de importância econômica já podem ser multiplicadas pela técnica de micropropagação – cultura de tecidos meristemáticos apicais e laterais. A curto prazo, essa técnica permite a produção em larga escala de plantas com elevadas qualidades genéticas e fitossanitárias; a médio prazo, ter-se-ia a cultura de tecido “em suspensão”, para obtenção de “produtos secundários” do metabolismo vegetal. Os produtos secundários de imediata aplicação e de provável obtenção são: enzimas, corantes, aromatizantes e princípios ativos medicinais; a longo prazo, a técnica de cultivo *in vitro* deve ser entendida como instrumento viabilizador do uso da engenharia genética em plantas.

Cerca de 20 centros de pesquisa realizam experimentos com cultura de tecido de plantas no Brasil. A maioria desses centros está ligada à EMBRAPA, CEPLAC, PLANALSUCAR, universidades e empresas privadas. Entretanto, somente o Centro Nacional de Recursos Genéticos – CENARGEN –, órgão da EMBRAPA, localizado em Brasília, possui laboratórios equipados com aparelhos para operações de engenharia genética em vegetais.

Dentre os trabalhos desenvolvidos no CENARGEN, destaca-se o projeto que visa ao desenvolvimento, por engenharia genética, de um feijão com o



gen da metionina, comumente encontrado na castanha do Pará, resultando na produção de um feijão com alto teor protéico.

A técnica de micropropagação, para produção de plantas sem virose, obteve resultados positivos, no Centro Nacional de Pesquisa em Frutas Temperadas — CNPF — da EMBRAPA, no RS. Essa unidade domina a técnica de micropropagação em morango, pêssego, ameixa, amora-preta, maçã, pêra, groselha, alho, aspargo e batata-semente.

O Centro Nacional de Pesquisa em Hortaliças — CNPH —, órgão da EMBRAPA, localizado nos arredores de Brasília, lidera as pesquisas em cultura de tecidos de hortaliças. Através dessa técnica, vem produzindo e divulgando a batata-semente, alho, couve-flor, cenoura e cará, livres de vírus e melhorados geneticamente.

O Instituto de Biociências da USP, um dos pioneiros no processo de cultura de tecidos, tem trabalhado com micropropagação de três tipos de plantas: orquídeas, a *Stevia rebaudiana*, e coníferas de diferentes espécies.

Além dos centros de pesquisa públicos, existem algumas empresas que utilizam técnicas biológicas em sua linha de produção. A Florália em Niterói e a Equilab em Campinas utilizam técnicas de cultura de tecidos para obtenção de plantas ornamentais comercializáveis. A Biomatriz, empresa nacional localizada no Rio de Janeiro, obteve recentemente, como resultado de suas pesquisas, 100 mil mudas de eucalipto por cultivo celular. A multinacional Bioplanta Tecnologia de Plantas Ltda é uma associação da Souza Cruz e NPI, uma empresa de biotecnologia americana. Com investimentos de US\$ 3,5 milhões, a Bioplanta, instalada em Paulínea - SP, vai produzir por cultura de tecidos mudas sadias de frutíferas. Pretende, ainda, desenvolver plantas resistentes a pragas e a *stress* vegetal e endomicorizas para citriculturas e viticulturas.

Outra empresa nacional que utiliza técnicas biológicas para a agricultura é a Agroceres, que tem experimentos de cultivo celular de tomate, repolho, abóboras e árvores frutíferas. Atualmente, existem no Brasil muitas empresas privadas e centros de pesquisa que trabalham com agropecuária (ver quadro 7).

A nutrição vegetal por microorganismos é outra inovação biotecnológica que tende a assumir grande importância no desenvolvimento econômico da agricultura brasileira. Nessa categoria, enquadram-se as bactérias fixadoras de nitrogênio e as micorrizas, que aumentam a capacidade de as raízes extraírem nutrientes minerais do solo.

O emprego de inoculantes biológicos na cultura da soja vem permitindo a substituição de fertilizantes químicos nitrogenados no país.

As micorrizas são comumente utilizadas para essências florestais (*Pinus*) apenas durante o plantio; já as bactérias fixadoras de nitrogênio são aplicadas a culturas de leguminosas. A utilização dos fungos micorrízicos e bactérias fixadoras de nitrogênio é enormemente limitada pela falta de tecnologia de produção de inoculantes.

Somente a EMBRAPA trabalha com bactérias fixadoras de nitrogênio para o uso em soja e gramíneas de pastagem; recentemente, alguns institutos de pesquisa estaduais, ligados à EMBRAPA, vêm desenvolvendo sua aplicação no feijão.

Um dos setores promissores na exploração científica e industrial da agricultura é o controle biológico de pragas, ou seja, o uso de inseticidas biológicos em substituição aos químicos. São inúmeros os centros de pesquisas públicos e as universidades que apresentam projetos de P & D de biocidas para a agricultura.

Dois experiências nacionais neste campo merecem destaque: o uso do fungo *Metarhizium anisopliae* para o controle da praga da cigarrinha na cana-

de-açúcar e a aplicação do vírus *Baculovirus anticarsia* como método biotecnológico de controle da praga da lagarta-da-soja. O *Baculovirus anticarsia* foi desenvolvido no Centro Nacional de Pesquisa de Soja, de Londrina, PR. A ESALQ e a UNICAMP vêm trabalhando com o aprimoramento genético e tecnológico do *Metarhizium anisopliae*.

Dentre as empresas privadas, sabe-se que a Agroceres está pesquisando bioinseticidas para o controle da cigarrinha de pastagem.

A produção de sementes no Brasil está fortemente vinculada a pesquisas de melhoramento vegetal. Os trabalhos nessa área devem convergir para a obtenção de sementes de qualidade, com requisitos de propriedades fisiológicas, características genéticas e sanidade.

Todos os estudos em tecnologia de sementes e aqueles diretamente ligados à biotecnologia, visando ao melhoramento vegetal, estão restritos a projetos desenvolvidos em instituições oficiais de pesquisa. Trabalham nessa área a ESALQ/USP, IAC (SP), o CENARGEN em Brasília e IAPAR do Paraná.

Existem, entretanto, algumas empresas nacionais, como a Agroceres, Toopseed Sementes, Agroflora S/A (ligada à Cotia), que detêm 20% do mercado de sementes de hortaliças nacionais, estando o restante do mercado dividido entre as multinacionais Monsanto, Grain, Clause, Rohm-Haas, Ferry-Morse. O contrário se dá na produção de sementes de milho híbrido, em que a Agroceres detêm 45% do mercado; a Cargill (EUA), 22%; a Pioneer e Dekald — ambas americanas — e outras multinacionais, o restante do mercado.

**Pecuária** — O setor pecuário atualmente se concentra em duas linhas básicas de pesquisa em biotecnologia voltadas para reprodução animal: inseminação artificial e transferência de embriões.

A inseminação artificial caracteriza-se pela propriedade de multiplicar as qualidades genéticas apenas no macho. No Brasil, a técnica de inseminação já é conhecida e largamente utilizada por empresas privadas na reprodução de bovinos, desde 1975 — época de euforia e grande desenvolvimento no setor. Em 1983, segundo levantamento do Ministério da Agricultura, existiam no Brasil cerca de 21 empresas privadas que atuavam na produção e comercialização de sêmen, sendo que a maior parte da produção estava concentrada em apenas cinco centrais.<sup>13</sup>

Por outro lado, a transferência de embriões representa um avanço tecnológico de ponta, com dificuldades científicas a serem superadas para sua ampla utilização em escala de produção. A grande vantagem da transferência de embriões é permitir a rápida multiplicação de duplicação das características genéticas da fêmea e do macho. Os estabelecimentos registrados no Ministério da Agricultura, em 1983, que trabalhavam com transferência de embrião são apresentados no quadro 9.

<sup>13</sup> ZYLBERSZTAJN, Dêcio et alii. Estudo econômico do uso de processos biotecnológicos na agricultura. In: VIEGAS, João Alexandre & BARROS, Pedro Motta de. *Biotecnologia e desenvolvimento nacional*. São Paulo, Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1985. p.35-103.

QUADRO 9 – ESTABELECIDAMENTOS QUE TRABALHAM COM TRANSFERÊNCIA DE EMBRIÕES, REGISTRADOS NO MINISTÉRIO DA AGRICULTURA - 1983

ESTABELECIDAMENTO	ENDEREÇO	CIDADE ESTADO
Associação São Pedro de Pesquisas Científicas	Estrada Sorocaba - Salto de Pirapora - Km 107	Sorocaba-SP
Agropecuária Lagoa da Serra Ltda.	Fazenda Lagoa da Serra	Sertãozinho-SP
TAIRANA S.A. – Centro de Congelamento de Sêmen	Rodovia Raposo Tavares - Km 563	Presidente Prudente-SP
Sêmen MF do Brasil Com. Rep. Ltda.	Av. Leopoldina de Oliveira, 345, Conjunto 103	Uberaba-MG
STRACTA S.A. - Empreendimentos Alimentares	SEPN - Quadra 504 - Bloco A	Brasília-DF
Faculdade de Veterinária / UFRS	Av. Bento Gonçalves, 9090	Porto Alegre-RS
Escola de Veterinária-UFSM	Centro de Ciências Rurais	Santa Maria-RS
Central de Embriões	Estância Pioneira (em construção)	Cambé-PR

*FONTE: Ministério da Agricultura*

## BIOTECNOLOGIA NO PARANÁ

No Estado do Paraná, dadas as características de sua economia, o desenvolvimento futuro das biotecnologias deverá promover impactos de grande importância sobre o funcionamento do aparelho produtivo estadual, estimulando mudanças nos padrões técnicos vigentes, provocando, assim, uma reacomodação dos capitais em atuação no Estado. Essa reacomodação pode implicar, se medidas adequadas não forem tomadas a tempo, até mesmo a exclusão do mercado de certos segmentos produtivos do Paraná.

Na verdade, em função da configuração histórica de sua economia, assentada de forma muito forte sobre a produção agrícola e segmentos econômicos vinculados a matérias-primas e ofertantes de produtos utilizados no setor primário — o que define, grosso modo, a agroindústria —, o Paraná se encontra diante de um dilema. Este, se não aparece claramente neste momento, não tardará a se fazer sentir, assim que começarem a ser colocados no mercado os produtos que, agora, encontram-se, em grande parte, em escala de laboratório, porém com perspectivas de, em pouco tempo, poderem ser produzidos comercialmente.

Do ponto de vista da agricultura propriamente dita, poderá se tornar impossível produzir sem a utilização de novas sementes, novos inoculantes, novos bioinseticidas, etc.

Da perspectiva da indústria que antecede a produção agrícola, a produção de insumos — adubos, defensivos, inseticidas, etc. — poderá mudar completamente de configuração, passando a ser determinada, inclusive, pelos tipos de sementes que estiverem em comercialização e puderem se adequar ou não a produtos químicos específicos. A tendência universal à concentração da produção de sementes nos grandes complexos químicos e agroquímicos indica com clareza o caminho que se delinea para os agricultores e, conseqüentemente, para os produtores de insumos agrícolas, desvinculados dos grupos que produzem sementes geneticamente modificadas para apresentarem alto nível de resposta a certos insumos, cuja propriedade industrial pertence aos mesmos grupos que produzem as sementes.

Certos segmentos localizados após a produção agrícola, como a indústria de alimentos, papel e papelão e diversos outros grupos industriais, também deverão ser fortemente afetados pelos avanços em biotecnologia.

A mensuração efetiva dos efeitos das biotecnologias sobre a economia paranaense é, até o momento, impossível, porque ainda não é inteiramente claro o modelo de desenvolvimento científico e tecnológico a ser adotado no Paraná, e porque são ainda duvidosos os efeitos imediatos sobre o aparelho produtivo de grande parte da tecnologia em fase de laboratório. Um exemplo evidente das dificuldades existentes na produção industrial, baseada em tecnologia biológica, é o caso de uma grande empresa norte-americana. Esta desenvolveu, por engenharia genética, certo medicamento, avançando até a produção em escala industrial, depois foi obrigada a rever seus investimentos, devido a problemas de degenerescência, que só se tornaram perceptíveis nessa escala.

Contudo, um fato que não pode ser negado é que, a médio prazo, tal como ocorreu com a indústria eletroeletrônica, com o advento dos microprocessadores, grande parte da produção agrícola e industrial será afetada pelos processos biotecnológicos, e somente obterão os frutos dessas mudanças as regiões e países que, previamente, tenham se aparelhado com esse fim.

No caso específico do Paraná, as possibilidades de ocupar – e ao mesmo tempo não perder – espaço na indústria do futuro estão intimamente ligadas aos esforços que forem feitos neste momento visando ao aparelhamento, não apenas dos centros de pesquisa mas também de empresas produtivas, para se adaptarem rapidamente aos novos métodos industriais.

Dada a imensa gama de atividades que poderão constituir novos setores industriais, bem como a conseqüente necessidade do estabelecimento de prioridades, é fundamental que qualquer tipo de política que venha a ser implementada na área, para que possa efetivamente alcançar resultados positivos, parta de potencialidades concretas do Estado. O primeiro passo para o estabelecimento dessas potencialidades refere-se a um conhecimento do potencial científico instalado no Estado, suas deficiências e suas perspectivas reais.

O levantamento apresentado a seguir pretende deixar claro o “estado das artes” das pesquisas em biotecnologia, ou a ela relacionadas, no Estado do Paraná. A articulação direta desses resultados com o setor produtivo deixou de ser incluída nesta versão; em primeiro lugar, porque as informações estatísticas disponíveis não o permitem e, em segundo, pelas razões antes relacionadas, que tornam temerária tal inclusão numa pesquisa deste tipo.

## Melhoramento Vegetal

A reprodução de animais e plantas é fundamentalmente determinada na natureza por processos fisiológicos, nos quais, da união de gametas femininos e masculinos, forma-se o ovo. O desenvolvimento embriogênico subsequente à formação do ovo origina o indivíduo. Gametas sexuais, tanto de plantas como de animais, podem pertencer a exemplares com ou sem grau de parentesco. Observações antigas demonstraram que o desenvolvimento e viabilização dos indivíduos gerados é fruto do grau de parentesco da geração parental.

Na natureza, em geral, ocorrem dois tipos de reprodução através de processos de seleção distintos. A reprodução por alogamia, determinada pelo cruzamento de espécies sem qualquer grau de parentesco, gerando espécimes com desenvolvimento viável, e por cruzamentos que eventualmente ocorram entre indivíduos com parentesco, conhecidos por reprodução endogâmica. O controle natural para efetivação dessas formas de reprodução é determinado por fatores biológicos ligados a comportamento intra e interpopulacional, barreiras ecológicas e morfologia dos órgãos reprodutivos.

Práticas agrícolas baseadas no melhoramento genético de plantas têm sido, por séculos, orientadas por leis básicas da genética, atualmente designada genética clássica.

A genética vegetal tem como princípio fundamental para geração de plantas, que:

- a) casamentos endogâmicos geram uma perda de vigor da cultura;
- b) cruzamentos alogâmicos entre duas linhagens puras de vegetais formam a planta híbrida, que aumenta a produção da cultura.

A genética aplicada à agricultura tem evoluído no sentido da obtenção de vegetais com características desejadas. A busca de plantas com genomas melhorados e adaptados inclui, desde a necessidade de aumentar seu rendimento e conteúdo protéico, até o desenvolvimento de espécies resistentes a condições adversas de solo, clima, pragas e doenças.

Assim, conclui-se que a genética clássica aplicada ao melhoramento de plantas é limitada em grande parte por características biológicas particulares de cada espécie. Por outro lado, as novas técnicas da genética, desenvolvidas nos últimos dez anos, oferecem ferramentas adicionais que possibilitam um avanço na manipulação do código genético dos organismos.

A biotecnologia, nesse caso, envolve a aplicação de técnicas de fusão de protoplasto e DNA recombinante. A “engenhariação” do código genético pelo homem viabiliza o desenvolvimento de novas variedades e espécies de plantas através da quebra de barreiras biológicas correntemente encontradas para a troca de material genético.

Ao contrário do que se pode pensar, a “engenhariação” de plantas com características desejadas só será possível através da utilização das técnicas da genética clássica, aliadas à nova genética; acrescenta-se, ainda, o fato de que esta nova planta deverá se adaptar às condições de campo e atender a requisitos comerciais.

No Paraná, o IAPAR e a EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa em Soja – CNPS –, órgãos voltados para a pesquisa agropecuária, têm direcionado e investido firmemente em pesquisas de melhoramento vegetal nos últimos 10 anos.

Culturas importantes para o Estado, como algodão, café, arroz, feijão, soja e girassol, têm seus projetos concentrados em pesquisas para a seleção de cultivares e obtenção de híbridos adaptados às diferentes regiões ecológicas, aos variados sistemas de produção e, ainda, resistentes a doenças e pragas.

Os programas de melhoramento vegetal da soja e girassol, desenvolvidos no CNPS/Londrina resultaram na criação de seus respectivos Bancos Ativos de Germoplasma – BAG –, objetivando conservar e facilitar a distribuição de uma maior quantidade de genótipos dessas culturas. A conservação de germoplasma envolve o congelamento de sementes, manivas e mudas vegetais. Os Bancos de Germoplasma são responsáveis pela reunião de várias coleções de genótipos de todo o país, estocados e mantidos pela EMBRAPA para a preservação de:

- a) tipos genéticos disponíveis;
- b) cultivares recomendados para o Brasil;
- c) linhagens de interesse para o programa de melhoramento.

O CNPS de Londrina possui um BAG para a soja que, em 1981, tinha 2.000 genótipos, e um outro para girassol, com cerca de 145 genótipos de população e linhagens de origens diversas.

A introdução de cultivares de girassol no Brasil é recente, surgindo como uma cultura alternativa à soja, para ser plantada no período de outono-inverno. O programa de melhoramento vegetal de girassol foi introduzido pelo CNPS/Londrina no final dos anos 70.

Os projetos do CNPS em melhoramento vegetal de soja estão voltados para o desenvolvimento de:

- a) cultivares adaptados à acidez no solo, semeadura direta, alta capacidade de extração de fósforo do solo;
- b) cultivares resistentes a:
  - i) bactérias – *Pseudomonas seyringae* sp *glycinea*, responsável pelo crestamento da soja;
  - ii) fungos – *Cercospora sofinae*, (mancha-de-olho-de-rã nas folhas); *Rhizoctonia solani* e *Sclerotinia sclerotiorum* (fungos de solo causadores do tombamento e morte reboleira e podridão branca, polífagos e de amplo espectro);
  - iii) Nematóides – os chamados nematóides de galhas (*Meloidogyne incognita* e *M. Jovanica*);

- iv) vírus do mosaico – a cultivar PI 96983, desenvolvida pela EMBRAPA, mostrou-se resistente a três estirpes do vírus do mosaico;
- v) vírus queima broto – muitas dessas viroses que atingem a soja caracterizam-se por não alterarem a produtividade da lavoura, mas depreciarem enormemente a qualidade das sementes.

Uma área promissora em biotecnologia para a agricultura é o desenvolvimento, por processos de clonagem molecular e fusão de protoplastos, de cultivares resistentes a viroses. No Brasil, a resistência a viroses é desenvolvida por processos clássicos de melhoramento genético, com resultados ainda pouco satisfatórios. A Dnaplanta Technology, empresa norte-americana especializada em biotecnologia de plantas, já tem pronta para lançar no mercado uma variedade híbrida de tabaco, desenvolvida por técnica de fusão de protoplastos. Essa variedade resulta do cruzamento de espécie comercial com espécie selvagem de tabaco, apresentando resistência a várias moléstias que atingem o tabaco, por exemplo, ao vírus do mosaico, que ataca largamente as plantações.

O IAPAR apresenta programas específicos de melhoramento vegetal nas seguintes culturas:

**Café** – obtenção de cultivares melhorados para o Estado do Paraná; estudos de genética quantitativa para obtenção de cafeeiros resistentes à geada;

**Trigo** – melhoramento vegetal por mutação induzida; melhoramento de cultivares para cada região do Estado; pesquisa de variedades resistentes a *Helminthosporium sativum* e *Gibberella zeae*;

**Milho** – obtenção de híbridos intervarietais mais adaptados ao nosso clima e solo; seleção de cultivares; obtenção de linhagens puras;

**Sorgo** – o programa visa à avaliação de cultivares de sorgo forrageiro e granífero. O sorgo forrageiro destaca-se pela sua alta potencialidade para produção de matéria seca para alimentação animal;

**Arroz** – seleção de cultivares sequeiros resistentes à seca e ao brusone;

**Feijão** – obtenção de novas variedades resistentes à ferrugem, mosaico comum e mosaico dourado e antracose; obtenção de variedades resistentes ao fungo *Colletotrichum lindemuthianum*;

**Algodão** – obtenção e manutenção de variedades de algodoeiro para o Estado do Paraná. Em 1981, foi lançada e recomendada a variedade IAPAR 4 – Paraná 1, para áreas de solo argiloso e isento de murcho de *Fusarium*, o que representou um acréscimo de 9% na produtividade do algodão em caroço;

**Cevada** – obtenção de cultivares mais resistentes de cevada cervejeira;

**Alerícolas** – projetos em melhoramento vegetal das olerícolas alho, abóbora e milho doce têm apresentado bons resultados e permitido seu incremento pelos pequenos produtores;

**Hortaliças** – também existem experimentos em melhoramento e avaliação de cultivares para batata, cebola, pepino, cenoura e inhame.

O IAPAR, em convênio com a EMBRAPA, tem um Programa Nacional de Pesquisa de Fruticultura de Clima Temperado, com trabalhos voltados para a seleção e obtenção de cultivares por técnicas tradicionais de melhoramento genético para: morango, pessegueiro, macieira, uva (seleção de cultivares para mesa e resistência de variedades a ataques de insetos), havendo ainda pesquisas em:

**Citrus** – avaliação da resistência de espécies e cultivares de *Citrus* ao cancro (*Xanthomonas citri*);

**Abacate** – obtenção de cultivares de abacateiros adaptados às nossas regiões;

**Ameixa** – resistência varietal à escaldadura das folhas – doença bacteriana;

**Manga e Maracujá** – seleção de cultivares.

A UFPR possui alguns trabalhos em melhoramento vegetal no Setor de Ciências Agrárias:

**Feijão** – triagem de cultivares de feijoeiro para resistência ao vírus do mosaico comum à soja;

**Maracujá** – superbrotamento do maracujeiro associado a microorganismos do tipo microplasma em culturas, em Morretes – Paraná.

O Estado do Paraná apresenta um quadro geral de grandes potencialidades para o desenvolvimento da biotecnologia na área de produção vegetal. A tradição de pesquisas e a presença de pessoal especializado em genética vegetal devem ser consideradas fator determinante para fortes investimentos no setor das novas técnicas biológicas. Técnicas de fusão de protoplastos e DNA recombinante, ainda incipientes nos laboratórios dos institutos de pesquisa do Paraná, deverão em breve ser de domínio local, impulsionando o Estado a ocupar lugar de destaque na aplicação da engenharia genética na agricultura, superando, assim, problemas de produção, adaptação de variedades, viroses, pragas.

## Cultura de Tecidos

A cultura de tecidos consiste no crescimento de células de plantas superiores em meios de cultura em laboratórios e na regeneração de plantas inteiras a partir dessas células. Atribui-se às células vegetais o conceito de totipotência, através do que uma única célula é capaz de gerar um organismo adulto igual ao que lhe deu origem. Para isso, esta célula deverá ser portadora de todas as informações genéticas necessárias para o desenvolvimento de um organismo.

A técnica de cultura de tecidos deve ser considerada instrumento auxiliar no melhoramento de culturas, devendo, ainda, ser entendida como básica para aplicação de outras novas tecnologias para aplantas.<sup>14</sup>

A cultura de tecido permite a aceleração na produção de sementes ou mudas de plantas, segurança na identidade dos milhares de novas plantas obtidas a partir de células de uma mesma planta e eliminação de viroses das plantas de combate comumente impossível.

Normalmente, a produção de sementes é de longa duração, variando de acordo com a espécie vegetal, por ser necessário o desenvolvimento de etapas de fecundação, geração da semente e seu amadurecimento; isso determina que, somente após este período, poderá ser semeada. Nas culturas de tecido, a reprodução assexuada a partir de uma célula – micropropagação *in vitro* – representa um encurtamento das etapas. A semente no milho tem um ciclo normal de 150 dias; por cultura de tecidos, esse período é reduzido para 90 dias.

Outro potencial de aplicação da técnica de cultura de tecidos é sua utilização na conservação de germoplasma, implicando a preservação de genótipos, através do congelamento de células e brotos por vários anos. Essa técnica gera uma economia de espaço para a estocagem e reduz os custos de manutenção. No campo, uma planta necessitaria de vários metros quadrados para ser preservada; já, via micropropagação, é possível a conservação de seu genótipo em apenas 5 cm<sup>3</sup>.

Como ferramenta básica e auxiliar para novas técnicas da engenharia genética, a cultura de tecidos permite a modificação e seleção das caracterís-

<sup>14</sup> ANCIÃES & CASSIO-LATO.



ticas desejadas, através de alterações no código genético. A aplicação das técnicas de cultura de tecidos certamente abrirá caminho para o desenvolvimento de técnicas de fusão de protoplastos, clonagem e DNA recombinante.

No Paraná, no IAPAR/Londrina e na UFPR, importantes iniciativas estão sendo tomadas para implantação de laboratórios, visando à obtenção de condições de cultivo *in vitro* que permitam a regeneração de plantas de importância econômica para o Estado. No IAPAR de Londrina já existem projetos avançados de cultura de tecido em batata-semente, mandioca e café.

A produção de batata-semente através da cultura de tecidos tem como objetivo específico a eliminação de vírus. O fato de não haver possibilidades de eliminação das viroses das plantas por métodos químicos convencionais determina a necessidade de importação de batata-semente, isenta de vírus, de outros países, principalmente da Holanda, Alemanha e Suécia. A limpeza do vírus, realizada nos laboratórios do IAPAR através do cultivo de tecidos, contribuirá para o aumento da produtividade de batata e dispensará futuramente o Paraná da importação desse insumo.

O IAPAR também já desenvolveu a técnica de cultivo de meristema — tecido da região terminal da planta —, que se multiplica ativamente para produção de mudas de mandioca livres de viroses. A obtenção de mudas sadias possibilitará uma redução dos custos, beneficiando pequenos e médios produtores.

No Rio Grande do Sul, a limpeza de vírus do moranguinho, através do cultivo de tecidos, permitiu que a produtividade aumentasse de três para 12 mil kg por hectare.

Na cafeicultura, os projetos do IAPAR em cultura de tecido estão direcionados para obtenção de mutantes celulares com características de tolerância a geadas.

O Setor de Ciências Agrárias da UFPR adquiriu recentemente um laboratório equipado para experimentos em cultura de tecidos. A unidade, financiada pelo Ministério da Agricultura, produzirá, a partir de micropropagação *in vitro*, mudas de plantas frutíferas (macieira, videira, pereira e figueira) e ornamentais.

**Produção de Vacinas** — Na área de Saúde, voltada à produção por fermentação, destacam-se os experimentos do Instituto Tecnológico Paranaense — TECPAR —, em Curitiba. O TECPAR está desenvolvendo pesquisas para a produção de Vacina Anti-Rábica Canina — V.A.R.C. —, a partir do cultivo de tecidos, sendo grande produtor de Vacina Anti-Rábica Humana — V.A.R.H. — por processos tradicionais de inoculação em camundongos. A técnica de cultura de tecidos para produção de vacina — já em fase experimental no TECPAR — substituirá a médio e longo prazo os métodos tradicionais.

**Produtos Secundários** — Técnicas de cultivo celular em suspensão poderão ser utilizadas, a médio prazo, na obtenção de produtos secundários produzidos por plantas, úteis ao homem.

As células vegetais, mantidas em meios nutritivos líquidos, funcionarão como microorganismos, ou seja, multiplicar-se-iam e produzirão substâncias secundárias.

A DNA Plant Technology Cooperation utiliza essa técnica para síntese de produtos secundários, responsáveis pelo aroma, sabor e cor da planta. Isso representa um importante avanço na produção de aditivos para comidas e produtos medicinais.

As plantas superiores necessitam de nutrientes básicos para seu crescimento, desenvolvimento e manutenção. Assim, distinguem-se três classes de elementos: o dióxido de carbono, retirado pelas folhas da atmosfera, a água e os nutrientes minerais, absorvidos do solo pelas raízes. Existem determinados nutrientes que se destacam pela sua importância vital. Nesta categoria enquadram-se o nitrogênio, o fósforo e o potássio que, quando ausentes, ou presentes em pequenas quantidades, comprometem o desenvolvimento do vegetal. Esses nutrientes encontram-se disponíveis no solo, sendo que, em casos de solos deficientes, a aplicação de fertilizantes químicos é utilizada como complemento.

**Fixação de Nitrogênio** – O nitrogênio ( $N_2$ ) é o elemento que entra na formação das moléculas de proteína e clorofila dos vegetais. Ao contrário dos outros nutrientes, encontra-se ausentes nos solos, podendo ser eventualmente trazido pelas chuvas, estando presente em grande quantidades na atmosfera. A incapacidade de as plantas absorverem o  $N_2$  do ar, com exceção de algumas algas azuis e bactérias, determinou a aplicação maciça de fertilizantes químicos na agricultura. Entretanto, o encarecimento dos produtos industriais derivados do petróleo estimulou a procura de produtos biotecnológicos alternativos, que fossem economicamente viáveis.

A otimização do processo de fixação biológica de  $N_2$  por microorganismos, como a bactéria *Rhizobium*, é uma das inovações promissoras da biotecnologia para o Brasil, devendo, portanto, tornar-se uma área prioritária de pesquisa no setor agrícola.

Entre as leguminosas, o processo de fixação biológica do  $N_2$  ocorre através da relação simbiótica entre as bactérias e os nódulos desenvolvidos na raiz da planta.

A soja é uma leguminosa que depende de grandes quantidades de nitrogênio para o seu crescimento vigoroso. A bactéria *Rhizobium japonicum*, associada às raízes da soja, transforma o  $N_2$  do ar em  $NH_3$  (amônia), composto nitrogenado assimilável pela planta. Por outro lado, a planta fornecerá carboidratos e produtos de sua fotossíntese à bactéria, implicando uma troca de potenciais energéticos entre o microorganismo e a planta.

Menção especial deve ser feita ao caso da soja no Brasil. Em 1975, foi criado em Londrina o CNPS, órgão vinculado à EMBRAPA, a partir de então responsável pelo direcionamento das pesquisas em soja no Brasil. Em 1976, através de um convênio com o IAPAR, o CNPS, juntamente com a função coordenadora do Plano Nacional de Pesquisa de Soja – PNPSoja –, comprometeu-se a executar a pesquisa em soja para o Estado do Paraná. Como resultado desse convênio, foram incorporados ao CNPS 11 pesquisadores do IAPAR, aumentando e solidificando seu quadro de pesquisadores. O CNPS tem delimitado linhas básicas de pesquisa, as quais, na sua grande maioria, encontram-se vinculadas a processos biotecnológicos. Deve-se salientar a existência de pesquisas na linha de genética clássica de melhoramento vegetal, bem como uma importante linha de pesquisas nas áreas de controle biológico de pragas, bactérias fixadoras de nitrogênio e, mais recentemente, micorrizas simbióticas, fixadoras de nutrientes minerais.

O avanço da biotecnologia aplicada à soja no Paraná e Brasil se deve a um plano inicial do projeto, inovador e independente. Em 1963, com a entrada da soja no Brasil, foi criada a Comissão Nacional da Soja, para estudos e tomadas de decisões em relação à política agrícola ideal para esta cultura. Dentre os geneticistas vinculados a essa comissão, a maioria possuía formação científica norte-americana e, conseqüentemente, forte tendência a transportar para o Brasil as teorias de melhoramento genético e tecnologias utilizadas na-

quele país. Na época, os EUA concentravam suas pesquisas em melhoramento genético de cultivares de soja aliados a processos de adubação nitrogenada. Entretanto, no Brasil, adotou-se a idéia preconizada pela Dra. J. Döbereiner, que trabalhava com bactérias fixadoras de nitrogênio em gramíneas, posicionando-se contra o desenvolvimento de pesquisas em melhoramento genético com adubação nitrogenada e defendendo como alternativa a utilização de bactérias fixadoras de nitrogênio, simbióticas às raízes das plantas. Sabe-se atualmente que a adubação nitrogenada, além de desnecessária, apresenta fortes contra-indicações em nosso meio. Sua aplicação aumenta a acidez do solo, acelera a decomposição da matéria orgânica e ainda inibe a formação de nódulos e a fixação simbiótica.

A aplicação do *Rhizobium* nas culturas de soja, em substituição aos adubos químicos, significou uma economia de US\$ 1 bilhão para o país.<sup>15</sup> Apesar do amplo conhecimento já adquirido sobre os processos de fixação de nitrogênio por métodos biológicos, o mercado nacional ainda é carente de inoculantes de alta qualidade.

Pesquisadores da EMBRAPA de Londrina informaram estarem desenvolvendo pesquisas à procura de inoculantes adaptados às condições do local de aplicação.

A cultura do feijão teve uma linha de pesquisa e desenvolvimento muito diferente da soja. Pesquisas e experimentos nas culturas de feijão foram direcionados para o uso de fertilizantes nitrogenados. Acreditava-se que a fixação de N<sub>2</sub> pelo feijão fosse inexpressiva, devido a observações de que essa leguminosa não apresentava capacidade de formar nódulos suficientes em suas raízes para aumentar a absorção de N<sub>2</sub>.

Questões recentes, relativas ao aumento do preço dos insumos agrícolas e ao sucesso do uso das técnicas biológicas não-poluidoras de fixação de nitrogênio na soja, levaram os microbiologistas a procurarem o aperfeiçoamento de métodos biotecnológicos para a fixação de N<sub>2</sub> na cultura de feijão.

Atualmente, o IAPAR de Londrina possui, em seus projetos voltados ao feijão, pesquisas que visam à seleção de bactérias da espécie *Rhizobium phaseoli* para melhorar a fixação biológica do N<sub>2</sub>. Procura-se otimizar esse processo através da identificação de fatores edáficos e culturais limitantes.

Pesquisas em engenharia genética de *Rhizobium* e outras bactérias fixadoras de nitrogênio podem significar a obtenção de estirpes de bactérias com menores exigências nutricionais e de crescimento rápido. Além disso, deve-se atentar para a utilização dessas bactérias em outros cultivos. No Uruguai, por exemplo, o uso de bactérias fixadoras de N<sub>2</sub> permitiu a duplicação do rendimento das pastagens.

No caso das leguminosas, o processo simbiótico é bem conhecido; já nos cereais; as associações com as bactérias fixadoras de nitrogênio são muito menos feitas e muito mais primitivas.

Para as gramíneas e cereais, as pesquisas devem estar direcionadas tanto para o melhoramento da planta como ao das bactérias, aumentando assim as chances de sucesso nessas culturas.

**Micorrizas** — As micorrizas são associações simbióticas de fungos com raízes de plantas. Esta relação é caracterizada biologicamente por um mutualismo entre as espécies, em que ambas beneficiam-se com a relação de dependência existente. Os fungos recebem carboidrato e outros nutrientes elaborados pelas plantas e, por outro lado, aumentam a capacidade do sistema radicular da planta, formando hifas que aumentam a superfície de absorção de nutrientes e água do solo.

De acordo com a associação estabelecida entre as micorrizas e as raízes, diferenciam-se dois tipos de micorrizas: as ectomicorrizas e as endomicorrizas.

<sup>15</sup> BARROS, Pedro Motta de. *Biotecnologia na agricultura: desafios e potencialidades*. In: BARROS, Pedro Motta de & BORBA, Marilda Pinheiro, org. *Biotecnologia em São Paulo: recomendações para uma política*. São Paulo, Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1985. p. 175-94.

Nas ectomicorrizas, os fungos se desenvolvem em hifas formando uma malha externa ao redor da superfície das raízes. Os fungos ectomicorrízicos são usualmente empregados em mudas florestais para zonas de reflorestamento. Experiências com *Pinus* mostraram que as árvores inoculadas com as ectomicorrizas têm sua capacidade nutritiva aumentada pela capa de fungos, que exerce, ainda, um efeito protetor contra fungos e nematóides do solo.

As endomicorrizas são associações nas quais o fungo se desenvolve no interior das células da raiz, formando um micélio interno e estruturas globosas chamadas vesículas. Grande parte das endomicorrizas é encontrada, em plantas frutíferas, olerícolas, floríferas e cereais. Existem trabalhos que sugerem que a presença das micorrizas favorece o desenvolvimento de microorganismos fixadores de nitrogênio atmosférico.

Nos laboratórios da EMBRAPA/CNPS de Londrina, sete espécies de fungos micorrízicos estão sendo multiplicadas para posterior avaliação de sua capacidade de aumentar a absorção de nutrientes.

Estudos de exigências nutricionais da soja atestaram a necessidade de grandes quantidades de fósforo para o bom desenvolvimento e crescimento dos cultivares. Nas culturas de soja, os fungos micorrízicos teriam importante papel nutricional, pois favoreceriam a absorção de fósforo pela planta.

A utilização de associações micorrízicas em soja e outras plantas surge como uma perspectiva mais econômica de prover a planta de fósforo e outros nutrientes.

## Bioinseticidas

As mudanças provocadas pela **Revolução Verde** na agricultura nos últimos 20 anos ocasionaram nos países em desenvolvimento saltos muito grandes na produção de alimentos.

Por outro lado, o uso maciço de insumos agrícolas, máquinas e terras com grandes áreas de monocultura, gerou uma gama de problemas que atualmente, devido à crise do petróleo e à conscientização para a preservação do meio vem à tona com grande intensidade.

Práticas monoculturais em grandes extensões impõem a necessidade do uso de grande quantidade de agrotóxicos e fertilizantes para garantir a boa produtividade da lavoura. Estudos e experimentos decorrentes dessa prática agrícola têm demonstrado que a aplicação em grande quantidade de inseticidas químicos, devido a seu efeito tóxico de amplo espectro, elimina não só a fauna nociva à lavoura como também os inimigos naturais das pragas ocupantes do mesmo nicho. Acrescenta-se a isso o fato de as gerações subsequentes ao uso dos agrotóxicos surgirem cada vez mais resistentes, exigindo, portanto, quantidades cada vez maiores de pesticidas químicos altamente tóxicos.

Em países de clima quente-úmido como o Brasil, os insetos se reproduzem com maior intensidade, provocando, conseqüentemente, prejuízos volumosos na lavoura, que comprometem seriamente a produtividade dos vegetais.

O controle de pragas e doenças por microorganismos ou predadores biológicos é o que se chama de bioinseticidas. Os pesticidas biológicos se caracterizam por uma ação seletiva, limitada somente ao extermínio da praga em questão; com isso, tem-se a preservação da fauna de inimigos naturais ali existentes.

O uso de bioinseticidas é da maior importância para a redução da demanda de agrotóxicos, manutenção do equilíbrio ecológico nas regiões agrí-

colas e diminuição dos efeitos poluentes nos rios, decorrentes da utilização em larga escala desses insumos.

**Bioinseticidas para soja** – nos laboratórios do CNPSoja em Londrina, em meados de 1972, conseguiu-se isolar o vírus *Baculovirus anticarsia*, capaz de combater a lagarta da soja *Anticarsia germatalis*, predador que causa inúmeros danos àquela cultura. O vírus isolado por métodos microbiológicos tradicionais tem-se mostrado um eficiente inseticida biológico. Dos laboratórios do CNPSoja, da EMBRAPA, saíram, em 1985, cerca de 200 kg de lagartas infectadas pelo *Baculovirus anticarsia* que, depois de maceradas, são aplicadas nas lavouras, provocando a contaminação das lagartas vivas ali instaladas. Onde o produto biológico foi aplicado, estima-se que os produtores de soja economizaram nessa safra, em torno de Cz\$ 12 milhões em produtos químicos.

Existem hoje, no Paraná, cerca de 15 cooperativas produzindo vírus em laboratórios para o combate da praga da lagarta.

Apesar de dominar as várias etapas de pesquisa desse inseticida biológico, a produção em escala piloto do *Baculovirus anticarsia*, ou seja, a elaboração de uma planta para obtenção do produto purificado, está sendo feita em São Paulo, através de convênio firmado entre o IPT e o CNPS. A planta para a produção de *Baculovirus anticarsia* vai ser incorporada à fábrica-piloto que estão sendo montada no IPT de São Paulo para a produção semi-industrial de inseticida biológico, obtido através do vírus da granulose e empregado no combate à broca da cana-de-açúcar.

Atualmente, o CNPS da EMPBRAPA desenvolve outros projetos na linha de pesquisa de inseticidas para controle biológico de pragas da soja. Citam-se os seguintes projetos:

- a) uso de fungos entomógenos para o controle de percevejos da soja; as espécies de percevejos estudadas são a *Nezara viridula*, *Piezodonus guildinii*, *Euschistus heros*, cujos controles estão sendo tentados com resultados promissores pelas seguintes espécies de fungos: *Beauveria bassiana* e *Metharhizum anisopliae*;
- b) uso de outros predadores, alternativos à lagarta, como veiculadores de vírus patógenos para o controle da praga da soja, bem como sua investigação como inóculos potenciais, disseminadores do *Baculovirus anticarsia*;
- c) controle de plantas daninhas por inimigos naturais. O controle da daninha invasora *Euphorbia heterophylla* foi inicialmente tentado por insetos predadores e agentes patogênicos. No primeiro caso, o uso de insetos mostrou-se ineficiente pela sua baixa taxa de predação à planta. Já a aplicação de agentes patogênicos tem apresentado maior potencial como controlador biológico de plantas daninhas em plantações de soja.

O controle de insetos predadores, responsáveis pelo baixo rendimento das culturas e alterações na qualidade das sementes, tem sido feito através do uso de inseticidas químicos. Um programa alternativo vem sendo desenvolvido pelo CNPS, através de pesquisas do uso de parasitas como controladores biológicos dessas pragas. Os resultados desse trabalho apontam um elevado parasitismo por certos microhemípteros (*Telenomus normidae*, *Trissolcus basal* e *T. scuticarinatus*) aos ovos dos percevejos predadores. A espécie *T. basal*, quando liberada ou presente em grande quantidade, comporta-se como eficiente predador do percevejo verde da soja, mostrando-se como mais um produto biológico com potencialidades de industrialização para o uso em grande escala nas culturas de soja.

## Tecnologia de Sementes

Segundo Anciães & Cassiolato,<sup>16</sup> a produção de sementes deverá seguramente ser o segmento que apresentará saldos mais significativos a médio prazo na introdução de avanços tecnológicos já disponíveis, como a cultura de tecidos, e nas novas tecnologias biológicas em fase experimental.

Essa posição fica completamente esclarecida quando se observa que as pesquisas em tecnologia de sementes são dependentes daquelas em melhoramento genético e, mais recentemente, da cultura de tecidos.

A vinculação direta das pesquisas em melhoramento genético à produção de sementes implica a obtenção de cultivares produtores de semente com qualidades fisiológicas de desenvolvimento e sanitárias.

Já os incrementos da cultura de tecidos representam a possibilidade mais imediata de obtenção rápida de sementes. Não se deve esquecer, obviamente, as inúmeras contribuições e inovações da engenharia genética na área de tecnologia de sementes.

No Brasil, as pesquisas em tecnologia de sementes encontram-se a cargo de instituições governamentais, em geral, voltadas para pesquisas em sementes básicas e genéticas.

Considera-se sementes básicas aquelas resultantes da multiplicação de sementes genéticas ou básicas, feita de forma a garantir sua identidade e pureza genética, sob controle e responsabilidade da entidade criadora.<sup>17</sup> As sementes básicas são também conhecidas como sementes híbridas simples (AB), obtidas a partir de cruzamentos de duas linhagens puras (A e B). Como resultado do cruzamento das sementes básicas, obtêm-se as formas finais de sementes de híbrido duplo, que são então comercializadas para uso na agricultura.

Na agricultura, as sementes representam o insumo básico para a melhoria da produtividade, por serem o veículo comercializável das potencialidades genéticas da planta, obtidas pelo melhoramento genético e seleção de cultivares.

A DNAP, empresa norte-americana de biotecnologia para agricultura, vem produzindo em seus laboratórios embriões de plantas superiores por cultivo de tecido. No futuro, esses embriões serão encapsulados em sementes artificiais para serem utilizados em plantio mecânico.

**Produção de sementes no Paraná** — no CNPS e, principalmente, no IAPAR de Londrina, as pesquisas em produção de sementes básicas estão voltadas, conjuntamente, para o estudo de novas variedades e para a produção de sementes de alto rendimento, com características adaptadas aos solos e condições climáticas das diferentes regiões do Estado do Paraná. A EMBRAPA/CNPS é responsável pela produção de sementes melhoradas de soja e, mais recentemente, de girassol, e o IAPAR é importante produtor de sementes básicas nas culturas de algodão, arroz, feijão, trigo e soja. O programa de sementes do IAPAR para o Estado do Paraná tem dirigido suas pesquisas para:

- a) definição do ponto de maturação fisiológica;
- b) efeito das práticas culturais sobre a quantidade e qualidade de sementes;
- c) longevidade sob diferentes ambientes;
- d) utilização de equipamentos de beneficiamento e separação, não devidamente estudados;
- e) alternativas de arranjo de sementes armazenadas;
- f) precisão de plantio de sementes de diferentes tamanhos;
- g) métodos de quebra de dormência;
- h) realização de levantamentos periódicos da qualidade da semente.

<sup>16</sup> ANCIÃES & CASSIOLATO.

<sup>17</sup> ZYLBERSZTAJN.

te comercializada.

A produção de sementes melhoradas no Paraná, na safra 82/83, segundo dados da ABRASEN (1984), é apresentada no quadro 10.

QUADRO 10 – PRODUÇÃO DE SEMENTES NO PARANÁ-  
1982/83

(Em Kg)

PRODUTO	QUANTIDADE
Algodão	12 638
Arroz	1 421
Cevada	1 287
Feijão	813
Milho	22 894
Soja	186 190
Trigo	200 262
TOTAL	425 525

FONTE: ABRASEN

O quadro 11, publicado no relatórios do IAPAR, permite o acompanhamento da produção de sementes básicas, nos últimos 10 anos.

QUADRO 11 – EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE SEMENTES BÁSICAS DE ALGUMAS ESPÉCIES CULTIVADAS, PELO PROGRAMA SEMENTES DO IAPAR - 1975/76 - 1982/83

(Em t)

SAFRA	CULTURA				
	Algodão	Arroz	Feijão	Soja	Trigo
1975/76	38	225	21	218	268
1976/77	61	12	22	202	89
1977/78	52	8	28	148	90
1978/79	121	17	86	229	179
1979/80	102	43	93	569	167
1980/81	127	49	109	452	163
1981/82	165	61	86	355	309
1982/83	150*	25*	92*	350*	279

FONTE: IAPAR  
\*Previsão

A existência de inúmeros variedades com sementes muito semelhantes provocou o desenvolvimento de métodos para a identificação de variedades. A distinção de 47 cultivares já é possível através do uso de uma enzima. Em experimentos do CNPS, desenvolveu-se o uso da peroxidase, que age no tegumento de semente, permitindo sua diferenciação.

**Empresa privada na produção de sementes** – em Ponta Grossa-PR, uma organização particular, a Empresa Francisco Teresawa, investe há 12 anos em pesquisas de sementes. Seu objetivo é desenvolver novos cultivares de soja, feijão, aveia, milho, ervilha e cevada, que estão sendo selecionados por critérios de produtividade, tolerância a pragas e doenças e vigor da semen-

te. Em sementes de soja, a empresa já tem no mercado cultivares de ET1 até ET14. O cultivar *Cristalina* (rainha da soja), adaptado aos cerrados, é um importante produto lançado por esta empresa. Apesar de ser uma empresa privada, mantém convênio com várias instituições do setor público do Estado de São Paulo (IAC, UNICAMP, ESALQ e CENA).<sup>18</sup>

A Empresa F. T. Francisco Terasawa está investindo fortemente em pesquisa de cultivares de feijão, a ser colhido mecanicamente. Pensa, ainda, em aumentar a colheita de grãos para dois períodos anuais. Esses dois fatores, agindo conjuntamente, podem duplicar a produção de grãos de feijão.

## Tecnologia de Alimentos

A produção de alimentos e bebidas caracteriza-se por ser um segmento da indústria no qual o uso de tecnologias biológicas foi sempre a ferramenta básica e insubstituível dos processos produtivos. A utilização de tecnologia de fermentação – cujo processo consiste na transformação de um produto em outro pela ação de microorganismo – nas indústrias de panificação, laticínios e bebidas é marcada por um processo de continuidade na aplicação das tecnologias de base microbiológica, que vêm sendo utilizadas há milhares de anos pelo homem, sem grandes avanços.

A indústria alimentícia é tida como conservadora e, com exceção de alguns grandes conglomerados – Nestlé, Uni-Lever, General Food, Coca-Cola, Campbell Soup, British American Tobacco e Ajinomoto –, seu mercado é dominado por pequenas e médias empresas. Cabe aqui destacar o caso do Japão, onde a tradição em processos fermentativos gerou a detenção de um *know-how* em processos industriais biotecnológicos para alimentos. Tal situação coloca-o em posição vantajosa nesse setor em relação aos demais países.

Dentro desse quadro geral, observa-se a necessidade de incrementos nas pesquisas biotecnológicas nesse setor, com a perspectiva de obtenção de novos produtos e processos industriais de fermentação mais eficientes.

No Paraná, as pesquisas apontam grandes potencialidades, devido à tradição na área e aos esforços das universidades estaduais e institutos.

A Fundação Universidade Estadual de Londrina – FUEL –, em seu Departamento de Tecnologia de Alimentos e Medicamentos – TAM –, possui um corpo docente de doutores, mestres e PhD especialistas em bioquímica, microbiologia, física-química e análise de alimentos. O TAM se destaca não só pelas suas pesquisas em alimentos como também pelos esforços concentrados na formação de pessoal especializado através do curso de mestrado ali existente. O Departamento tem como prioridade projetos que visam ao melhor aproveitamento dos derivados de soja. Nesta linha têm-se em andamento os seguintes projetos:

- a) obtenção de um sucedâneo do iogurte, a partir do extrato aquoso de soja;
- b) melhoramento do teor protéico e de óleo de soja;
- c) produção e melhoramento da farinha de soja integral.

O TAM apresenta, ainda, projetos em tecnologia de alimentos, para formulação de outros produtos, dentre os quais:

- a) trigo – uso de enzimas para extração de proteínas do farelo de trigo;
- b) maçã – processamento de um suco a partir da maçã (*Malus domestica* var. *anna*);

<sup>18</sup> ZYLBERSZTAJN.



- c) leite – formulação de um sucedâneo do iogurte à base de soro de leite;
- d) laranja – fabricação de vinho.

O TAM desenvolve também pesquisas na linha de utilização do fungo *Trichosporum sp* para produção de alimentos.

Fundação Universidade Estadual de Maringá – FUEM – desenvolve o projeto, em estágio avançado, para obtenção de adoçante derivado da *Stevia rebaudiana*. A *Stevia* é uma planta nativa do Paraguai, sendo conhecida pelo poder adulcorante e não-calórico. Calcula-se que o adoçante derivado da *Stevia* seja 300 vezes mais doce que o açúcar comum da cana-de-açúcar, e estudos e observações garantem a inexistência de contra-indicações na sua ingestão. No Japão, por exemplo, o adoçante já é consumido correntemente há muito tempo.

A FUEM já desenvolveu, em seus laboratórios, a metodologia necessária para extração e purificação dos adoçantes *steviosídeo* e *rebaudiosídeo*, derivados da *Stevia*. Atualmente, toda produção é realizada em uma usina semipiloto montada na FUEM, em 1982. Os resultados positivos obtidos até agora permitiram a associação entre a Universidade e indústrias. Dessa associação, surgiu a empresa INGA, localizada em Maringá.

Paralelamente a pesquisas dos produtos derivados da *Stevia*, a FUEM desenvolve projetos agrônômicos de melhoria de produção, colheita, secagem, beneficiamento e armazenamento de sementes da *Stevia*. Nesse sentido, a introdução da tecnologia de cultivo de tecidos parece promissora para obtenção de melhores cultivares e propagação mais rápida. O Instituto de Biociências da Universidade Estadual de São Paulo já está desenvolvendo, com esse objetivo, experimentos de propagação *in vitro* de *Stevia*.

Nos EUA, a DNA Plant Technology desenvolveu por técnicas de cultura de tecido variedades da *Stevia*, que podem ser colhidas mecanicamente.

No Departamento de Química da Universidade Federal do Paraná, existem pesquisas isoladas, voltadas à obtenção de bebidas dietéticas.

A fermentação de bebidas, apesar de se dar por tecnologia de base biológica, é considerada como um segmento tradicional que não tem sofrido inovações revolucionárias nos últimos anos. A Cervejaria Reunidas Skol-Caracu S/A, com amplas instalações na cidade de Londrina, é responsável pela fabricação de bebidas por fermentação e produtos dietéticos. Segundo a publicação *Diretório das Entidades Atuantes em Ciência e Tecnologia no Estado do Paraná*,<sup>19</sup> a Skol desenvolve pesquisa e cultivo de sementes de cevada e malte cervejeiro.

Dentre os vários produtos obtidos por fermentação, alguns são considerados de importância fundamental, devido a sua demanda no mercado e à futura redução de custos em relação aos produtos obtidos por síntese química. Citam-se a produção de enzimas, vitaminas, aminoácidos, ácidos orgânicos e as proteínas unicelulares (*Single Cell Proteins*). Nesse segmento, o Paraná conta com um dos bons núcleos de Enzimologia do país, o Departamento de Bioquímica da UFPR onde nasceu a moderna bioquímica brasileira.

O Departamento de Tecnologia de Alimentos e Medicamentos da FUEL desenvolve alguns trabalhos com o objetivo de utilizar os fungos *Trichosporum sp* para a produção e caracterização das enzimas celulase, beta-galactosidade e alfa-galactosidade, de origem fúngica. No Departamento de Farmácia da UFPR existe em andamento um projeto de utilização de resíduos industriais de cervejaria como matéria-prima para a produção de etanol e proteína de origem microbiana. O TECPAR desenvolve um projeto de avaliação do desempenho de leveduras na produção de biomassa, em forma de proteínas unicelulares.

<sup>19</sup> BRASIL, Ministério da Indústria e do Comércio. Secretaria de Tecnologia Industrial. *Diretório de entidades atuantes em ciência e tecnologia no Paraná*. Brasília, 1983.

## Produção de Energia

A crise do petróleo, iniciada nos anos 70, desencadeou em vários países processos intensivos de investimento em pesquisas voltadas para busca de novas tecnologias e novos produtos, como alternativas energéticas. As matérias-primas derivadas de compostos orgânicos despontam como produto de fonte renovável a ser utilizado na produção de energia. O Brasil, acompanhando a tendência mundial de independência energética, lança o PROÁLCOOL. Atualmente, apesar de não suprir a demanda nacional de combustível, o PROÁLCOOL é citado mundialmente como uma alternativa energética de vanguarda e geradora de importantes avanços tecnológicos.

Hoje, as pesquisas se voltam para o aprimoramento das tecnologias de fermentação e a busca de novas matérias-primas renováveis que substituam o petróleo.

Levantamentos preliminares realizados no Paraná apontam a existência de projetos nesta área das Universidades Estaduais de Londrina e Maringá e na Universidade Federal do Paraná. Essas instituições desenvolvem experimentos voltados para o uso de substratos alternativos e para a otimização dos componentes enzimáticos e microbiológicos empregados nos processos de transformação de biomassa em energia.

As pesquisas na FUEM são conduzidas para a obtenção de álcool a partir da mandioca e do bagaço-da-cana. O processo empregado é a fermentação contínua com aplicação da tecnologia de enzimas imobilizadas e leveduras. A otimização do processo de fermentação alcoólica gera expectativas de aprimoramento tecnológico que, certamente, resultarão em processos mais econômicos de "engenhariação".

**Processo de transformação de carboidratos em álcool** – o processo de obtenção do álcool etílico envolve etapas precisas de transformação do substrato. A mandioca e o bagaço-da-cana são compostos, respectivamente, de moléculas de amido e celulose, açúcares de reserva. Na primeira etapa, estes devem ser degradados em moléculas de glicose, sendo que a etapa de transformação dos polissacarídeos em moléculas simples de glicose é considerada fundamental no processo de produção de etanol. Os altos custos e a relativa atividade das enzimas empregadas nesta primeira etapa têm gerado a necessidade de pesquisas paralelas na otimização dos processos de produção de enzimas. Estes processos devem estar voltados para o uso de tecnologias de base biológica e, conseqüentemente, as pesquisas devem se concentrar em microorganismos novos e mais eficientes. Obtida a glicose, a etapa seguinte constitui o processo de fermentação por leveduras e, como produto final, tem-se o álcool etílico.

**Uso de resíduos para obtenção de álcool** – A celulose é reconhecida como uma fonte promissora para produção de energia. Cálculos feitos por cientistas indicam que a produção anual de celulose é de 100 bilhões de toneladas, o que equivale a 70 kg de celulose/dia/habitante. A celulose é um componente estrutural da parede celular dos vegetais, podendo ser facilmente encontrada em resíduos agroindustriais.

Os processos de transformação de resíduos agrícolas em álcool envolvem, sem dúvida, técnicas aprimoradas e muita pesquisa, pois os resíduos, para serem utilizados, necessitam de um pré-condicionamento e uso de enzimas celulolíticas, com tecnologias ainda deficitárias.

A FUEM possui uma microdestilaria para produção de álcool de cana-de-açúcar com capacidade de 2.500 l/d. Ainda na área de biomassa transformáveis em energia, a FUEM tem em andamento um projeto de uso do vinho como substrato para produção de biogás.

O Departamento de Bioquímica da UFPR desenvolve alguns estudos sobre processos químicos e enzimáticos de biomassa agrícola residual. Esses projetos visam à utilização dos fungos *Fusarium* e *Dactylium* na transformação de bagaço-da-cana, sorgo e serragem de bracinga.

## Exploração de Recursos Marinhos

Os recursos marinhos são considerados área de relevância no futuro da economia mundial. Indiscutivelmente, a exploração dos mares como fonte de alimento, ainda pouco utilizada, deve ser prioritária nos planos de desenvolvimento das nações. A quantidade de carboidratos e proteínas disponível no mar, se não for superior à terrestre, certamente é equivalente. Isso desencadeia a busca de formas planejadas de utilização adequada desses recursos. Assim, a Biologia Marinha sobressai como uma área de grandes potenciais para a aplicação das novas biotecnologia. Certamente, as novas tecnologias de base biológica viabilizarão e incrementarão o uso adequado de uma gama enorme de matérias-primas de origem marinha com vasta aplicação nas indústrias alimentícia, farmacêutica, de cosméticos, etc.

O Paraná ocupa uma posição privilegiada em pesquisas na área de Biologia Marinha. A implantação, em 1981, do Centro de Biologia Marinha – CBM – da UFPR, em Pontal do Sul, no litoral paranaense, possibilitou o estudo e desenvolvimento de pesquisas sobre a fauna e flora da costa do Paraná. O Estuário da Baía de Paranaguá é formado por quatro setores com denominações locais: Baía de Antonina, Baía das Laranjeiras, Baía dos Pinheiros e Baía de Paranaguá. Este complexo estuarino é considerado uma das áreas marítimas de maior produtividade do mundo. Atualmente, no CBM encontram-se em andamento importantes pesquisas de levantamento das espécies e avaliação do potencial das espécies vegetais e animais existentes nessas baías. Existem projetos voltados para estudos de fitoplâncton, produção primária, zooplâncton, bentos, ictioplâncton, ictiologia, reprodução de peixe, cultivo de camarão, ostra e linguado. Pesquisas de levantamento e avaliação constituem pré-requisitos fundamentais para a viabilização de projetos de cultivo e exploração das espécies locais de interesse econômico. Experimentos em biologia e cultivo de camarão, desenvolvidos nesses quatro anos no CBM, apresentaram como resultado o lançamento de milhares de post-larvas de camarão rosa ao mar. O CBM é a primeira instituição a conseguir todo o ciclo reprodutivo do camarão *Paeneus paulensis*, em grande escala, em seus laboratórios.

As algas marinhas representam um recurso de vasto potencial para obtenção de polissacarídeos, sendo que são muito pouco exploradas no litoral brasileiro. Nesse setor, o país situa-se como exportador de algas como matéria-prima e importador dos produtos industrializados, como o ácido alginico. A demanda nacional de alginato importado é de 200 toneladas/ano. No sentido de suprir esse mercado, o Espírito Santo está implantando em seu litoral, com o auxílio do IPT, um projeto de exploração e industrialização das algas *Laminaria*. Esta alga, de considerável tamanho, fornece grandes quantidades de alginatos.

Dentre os produtos de possível extração das algas, os alginatos, o agar, a carageano e o *furcellaram* são largamente utilizados nas indústrias alimentar, farmacêutica, de cosméticos, tintas, bebidas, de papel e tecidos.

O Paraná possui um litoral extenso e rico em espécies de algas macroscópicas e microscópicas. Cabe fazer um levantamento cuidadoso das algas existentes e uma avaliação das espécies encontradas, quanto ao seu potencial

para cultivo e industrialização.

Os bentos são organismos marinhos que habitam o fundo dos mares. O estudo da fauna bentônica do litoral paranaense viabilizou o conhecimento de importantes moluscos marinhos da família *Teredinidae*, habituais digestores de madeira. Bactérias degradadoras de celulose e fixadoras de nitrogênio são comumente encontradas nesses moluscos. Assim, estudos referentes à possível utilização desses organismos na biotecnologia são de grande relevância para a avaliação do potencial do litoral paranaense.

## Genética e Saúde Animal

O melhoramento animal baseado em técnicas de seleção da genética clássica foi durante muitos anos o setor de concentração das pesquisas e investimentos na pecuária. O aprimoramento dessas técnicas possibilitou a obtenção de rebanhos de qualidade e melhoramento das raças em geral.

Alguns avanços técnicos mais recentes, como a inseminação artificial e o controle do ciclo estral por hormônios, trouxeram importante contribuição para o desenvolvimento da pecuária, com resultados positivos para os produtores. Progressos significativos estão sendo feitos através de processos de transferência de embriões e produção de gêmeos por duplicação de embriões, que tornam incomparavelmente mais produtivos e controláveis os processos de reprodução animal. A tecnologia de produção de gêmeos, através de divisão do embrião *in vitro* permite uma duplicação na produção de bezerros de qualidade.

As pesquisas no setor pecuário do Paraná estão, em sua maioria, a cargo do IAPAR e Londrina, existindo, ainda, algumas em desenvolvimento pela FUEL. O IAPAR tem projetos em gado de corte, gado de leite, suínos e búfalos.

O quadro nacional revela-se promissor quanto ao mercado para suínos; entretanto, é notória a falta de tecnologia nacional em melhoramento genético para linhagens adaptadas ao nosso clima. O IAPAR e a FUEL possuem alguns programas com suínos centrados nas linhas de inseminação artificial, uso de hormônios no processo reprodutivo e estudo de doenças, como a toxoplasmose e brucelose.

O programa de gado de leite e gado de corte do IAPAR tem-se concentrado em experimentos voltados para melhoramento genético qualitativo e quantitativo por técnicas clássicas de genética, preservação e avaliação do genótipo das raças caracu, holandês e charolês. Também nos Departamentos de Zootecnia e Melhoramento Animal da FUEL, existem pesquisas com gado nelore em inseminação artificial, sincronização do ciclo estral com hormônios e estudos citogenéticos de cromossomas. A técnica de transferência de embriões, no Paraná, estava a cargo de uma empresa privada, a Central de Embriões em Cambé, PR; entretanto, notícias mais recentes indicam o fechamento da empresa. A transferência de embriões é naturalmente uma técnica sofisticada e de implantação mais recente que a inseminação artificial e, portanto, com inúmeras dificuldades quanto a sua aplicação em rebanhos nacionais. Os esforços nacionais têm sido dirigidos para a adaptação de técnicas desenvolvidas no exterior para o gado europeu, ao gado zebu do Brasil.

A aplicação de novas biotecnologias, que permitam a manipulação do código genético para o desenvolvimento de formas de animais com características aprimoradas, é vista, sem dúvida, com muito entusiasmo pelo setor pecuário.

## Tratamento de Resíduos

Nota-se, hoje, um grande interesse de governos e indústrias no aproveitamento, tanto dos resíduos industriais como domésticos para a produção de biogás, existindo, ainda, a preocupação com as questões sanitárias e de poluição ambiental, que, por sua vez, também são responsáveis pelo desenvolvimento tecnológico empreendido no tratamento anaeróbico de esgotos domésticos e industriais. Nesse sentido, as pesquisas em órgãos estaduais e universidades despontam em alguns segmentos como produtoras de tecnologia avançada de sanitarismo e biodigestores.

A Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR –, em convênio com a Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCP –, tem investido largamente, a partir de 1980, em pesquisas voltadas para o tratamento de resíduos orgânicos e o seu aproveitamento para a produção de gás metano. Atualmente, a PUC-PR possui um Instituto de Saneamento Ambiental – ISAM –, encarregado de desenvolver pesquisas básicas e aplicadas em sanitarismo, bem como o treinamento de pessoal através de cursos em saneamento ambiental.

Como resultado desses projetos, a SANEPAR conta com uma estação de tratamento de esgotos e lixo urbano em Pirai do Sul, PR, onde foi iniciada a produção de biogás e sua ampla distribuição para o abastecimento doméstico da população local. Na cidade de Londrina, a SANEPAR construiu uma usina piloto de gás de esgoto para utilização do gás metano como combustível para automóveis, sendo responsável pelo abastecimento de parte da frota de veículos da própria SANEPAR.

## CONCLUSÃO

A biotecnologia é encarada a nível mundial como um segmento estratégico para o avanço das economias desenvolvidas.

Os países centrais, além dos esforços feitos pela iniciativa privada, estão alocando grande massa de recursos no apoio ao desenvolvimento biotecnológico, dentro de uma estratégia de manutenção da sua hegemonia econômica.

Alguns países do Terceiro Mundo, especialmente México, Argentina, Índia e Brasil, têm feito esforços no sentido de controlar a nova tecnologia biológica. Entretanto, esses esforços, até o presente momento, não têm apresentado grandes resultados.

No caso brasileiro, especificamente, o PRONAB, dada a forma de sua organização e gestão, não conseguiu avançar muito em termos de consolidação de uma área biotecnológica, tanto a nível de pesquisa básica como de implementação de processos industriais.

Por outro lado, empresas multinacionais já começam a ocupar o mercado dos países do Terceiro Mundo com produtos biotecnológicos. Bom exemplo disso é a produção de insulina no Brasil, pela Biobrás, associada à Elli-Lilly dos EUA, através de tecnologia tradicional, cedida pela empresa americana, e a recente associação da Biobrás com empresas argentinas para o desenvolvimento de pesquisas na área biotecnológica, com apoio da Elli-Lilly. Outro exemplo é a implantação de laboratórios de pesquisa em grandes empresas multinacionais como a British American Tobacco e a Monsanto, objetivando desenvolver no Brasil produtos para o mercado brasileiro ou para mercados com situações ecológicas semelhantes.

Aparentemente, a capacidade de pesquisa brasileira não será capaz de fazer frente aos investimentos internacionais na área biotecnológica, não apenas porque o nível dos investimentos é extremamente elevado, mas também porque ainda falta ao Brasil o domínio de certas etapas básicas como, por exemplo, a engenharia enzimática, sem a qual passos adicionais no desenvolvimento biotecnológico são impossíveis.

Certamente, o Brasil não poderá concorrer a nível internacional em todos os campos da biotecnologia, podendo, entretanto, manter o controle de certas parcelas do mercado nacional desde que as políticas e os investimentos, especialmente os públicos, sejam bem definidos e direcionados.

Na área biotecnológica, ao contrário da informática, não parece possível alguma política semelhante à reserva de mercado, uma vez que não se pode importar o componente fundamental e desenvolver projetos próprios. A biotecnologia, mais que novos produtos, propõe novos processos de obtenção de produtos já utilizados, o que inviabiliza uma política do tipo reserva de mercado.

A solução parece ser, nas áreas em que se demonstre impossível o desenvolvimento de tecnologia própria, associações com empresas estrangeiras que garantam a efetiva transferência do conhecimento dos processos a empresas nacionais. Por outro lado, nos segmentos nos quais o Brasil parece ter alguma viabilidade de desenvolvimento autóctone, é preciso que o Estado tenha uma política seletiva e bem direcionada, inclusive com firmes relações com a empresa privada, de modo a permitir a efetiva operacionalização dos processos e produtos advindos das novas tecnologias.



# GLOSSÁRIO

**ACTIMONICETOS:** grupo de organismos muito próximos às bactérias verdadeiras. Caracterizam-se, morfológicamente, por apresentarem ramificações, tendo como células reprodutoras os conídios.

**AMIDO:** carboidrato (açúcar) de reserva dos vegetais.

**AMINOÁCIDOS:** composto orgânico carregador do grupo amina ( $\text{NH}_2$ ); existem 20 aminoácidos diferentes, usualmente encontrados como blocos construtivos das proteínas.

**ANAERÓBICO:** condição de ausência total de oxigênio no ambiente.

**ANTIBIÓTICO:** substância química produzida por microorganismos ou, algumas vezes, sinteticamente, empregada no combate à infecções em plantas e animais.

**ANTICORPO:** proteína (imunoglobulina) produzida pelo organismo para reagir imunologicamente ao antígeno, destruindo-o ou inativando-o.

**ANTICORPO MONOCLONAL:** anticorpos produzidos por clones celulares, que só reconhecem um tipo de antígeno; amplamente utilizados em processos de imunização e métodos diagnósticos.

**ANTÍGENO:** substância estranha que, ao ser introduzida no organismo, estimula a produção de anticorpos que reagem àquele tipo de antígeno.

**BACTÉRIA:** organismo microscópico unicelular com núcleo diferenciado que possui parede celular rígida.

**BENTOS:** organismos marinhos sésseis, rastejantes e perfuradores, que habitam o fundo do mar. Por exemplo, ostra, mexilhão, sirí, lagosta, corais e alguns peixes.

**BIODIGESTOR:** reator no qual ocorre um bioprocessos.

**BIOGÁS:** gás produzido em reatores pela ação degradadora de microorganismos.

**BIOMASSA:** matéria orgânica total de uma população ou de um grupo específico de vegetais ou animais.

**BIOSÍNTESE:** produção por síntese ou degradação de um componente químico por um organismo vivo.

**CARBOIDRATOS:** categoria de moléculas orgânicas de açúcares simples, como: glicose, sacarose e amido.

**CATALISADOR:** substância que acelera uma reação química.

**CELULASE:** enzima que degrada a molécula da celulose em glicose (açúcar simples).

**CELULOSE:** polissacarídeo composto de várias moléculas de glicose; formador da parede celular dos vegetais.

**CLONAGEM:** multiplicação assexuada de um mesmo indivíduo ou célula, através de vários métodos.

**CLONE:** grupo de células ou organismos geneticamente idênticos, obtidos por multiplicação assexuada a partir de um ancestral comum.

**CÓDIGO GENÉTICO:** base bioquímica de hereditariedade; formado de codons (bases tríplexes ao longo do DNA) que determinam a formação de proteínas.



**DNA (ácido desoxiribonucleico):** material genético (hereditário) encontrado em todos os organismos vivos, responsável pela auto-replicação.

**DNA RECOMBINANTE:** um DNA híbrido produzido pela ligação de pedaços de DNA de diferentes organismos *in vitro*.

**EMBRIOLOGIA:** estudo da formação e desenvolvimento do ovo fecundado.

**ENGENHARIA GENÉTICA:** conjunto de métodos, pelo qual genes ou grupo de genes são extraídos de uma célula e inseridos em outra, resultando numa modificação da informação hereditária, a fim de que esta célula produza substâncias desejadas e exerça funções diferentes.

**ENZIMA:** proteína com função catalizadora de reações químicas.

**ENZIMA DE RESTRIÇÃO:** utilizada na técnica de DNA recombinante para cortar a molécula de DNA em sítios específicos, para posterior recombinação.

**ENZIMA IMOBILIZADA:** enzimas fixas em um suporte sólido inorgânico; as enzimas devem ser insolúveis no material liquefeito; por exemplo: microsferas de vidro e partículas de cerâmicas.

**ESCHERICHIA COLI:** bactéria comumente encontrada no intestino humano; é um microorganismo largamente utilizado para experimentos de engenharia genética.

**FERMENTAÇÃO:** transformação química de uma substância biológica em um determinado produto, pela ação de microorganismos (bactérias e leveduras); utilizada na indústria para a produção de álcool, bebidas alcoólicas, queijos.

**FITOPLÂNCTON:** plantas unicelulares, microscópicas e flutuantes, que vivem na zona pelágica, por exemplo: diatomáceas, dinoflagelados, etc.

**FUNGO:** microorganismos primitivos pluricelulares aclorofilados, como bolores e cogumelos.

**FUSÃO DE PROTOPLASTO:** junção de células artificialmente desprovidas de suas paredes, a fim de que se processe a transformação do material genético e a obtenção de células híbridas.

**GAMETAS:** células sexuais, masculinas ou femininas, utilizadas na reprodução de animais e vegetais superiores.

**GENE:** unidade básica de hereditariedade; seqüência de DNA dotado de uma informação genética para síntese de uma proteína específica.

**GENÓTIPO:** constituição genética de um indivíduo.

**GERMOPLASMA:** variabilidade genética total disponível para uma espécie, podendo ser em forma de sementes, manivas, mudas vegetais, embriões de animais.

**GLICOGÊNIO:** carboidrato de reserva, encontrado nos animais.

**GLICOSE:** açúcar de seis átomos de carbono; molécula utilizada como fonte de energia entre os organismos.

**HIBRIDOMA:** técnica de manipulação genética, na qual a fusão entre células de mieloma (células com divisão contínua) e células animais produtoras de anticorpos resulta em uma célula híbrida que cresce em culturas e produz anticorpos monoclonais.

**INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL:** introdução manual de espermatozóide retirado de machos reprodutores no útero ou oviduto.

**INTERFERON:** proteína de origem animal com propriedades de inibir a mul-

tiplicação viral e combater processos cancerígenos.

**IN VITRO**: experiências biológicas feitas em laboratório.

**IN VIVO**: experiências biológicas feitas no animal.

**MERISTEMA**: tecido apical ou radial de uma planta.

**METANO**: gás obtido através da digestão anaeróbica da matéria orgânica em biodigestores.

**MOLÉCULA**: associação de átomos por ligações covalentes.

**MORFOLOGIA**: descrição e estudo das características estruturais de um organismo.

**MUTAÇÃO**: alteração da seqüência de bases do DNA que provoca mudanças no código genético, resultando em modificações que se tornam herdáveis pelas gerações seguintes; pode ocorrer naturalmente ou ser induzida por agentes químicos e físicos.

**NEMATÓIDES**: vermes cilíndricos podendo ter habitats variáveis. Aqueles que atacam plantas caracterizam-se por suportarem dissecação, temperaturas extremas e ação de numerosos agentes químicos de uso corrente na agricultura.

**POLÍFAGO**: que se alimenta de muitos tipos diferentes de alimentos.

**POPULAÇÃO**: comunidade de indivíduos pertencentes à mesma espécie e potencialmente intercruzantes.

**PROTEÍNAS**: moléculas orgânicas formadas de cadeias de aminoácidos. Apresentam funções diversas: de hormônios, enzimas e estruturais, além de a maior parte da informação genética ser expressa pelas proteínas.

**PROTEÍNAS UNICELULARES (SCP)**: células ou proteínas extraídas do crescimento em larga escala para uso adicional na alimentação animal ou vegetal.

**SORO**: substância antitóxica empregada para fins terapêuticos ou preventivos.

**TOTIPOTÊNCIA**: possibilidade de cada célula se desenvolver em indivíduos completos quando separada das outras.

**VACINA**: substância de origem microbiana (vírus amenizado) introduzida no organismo para induzi-lo a formar anticorpos que defendem contra determinadas doenças.

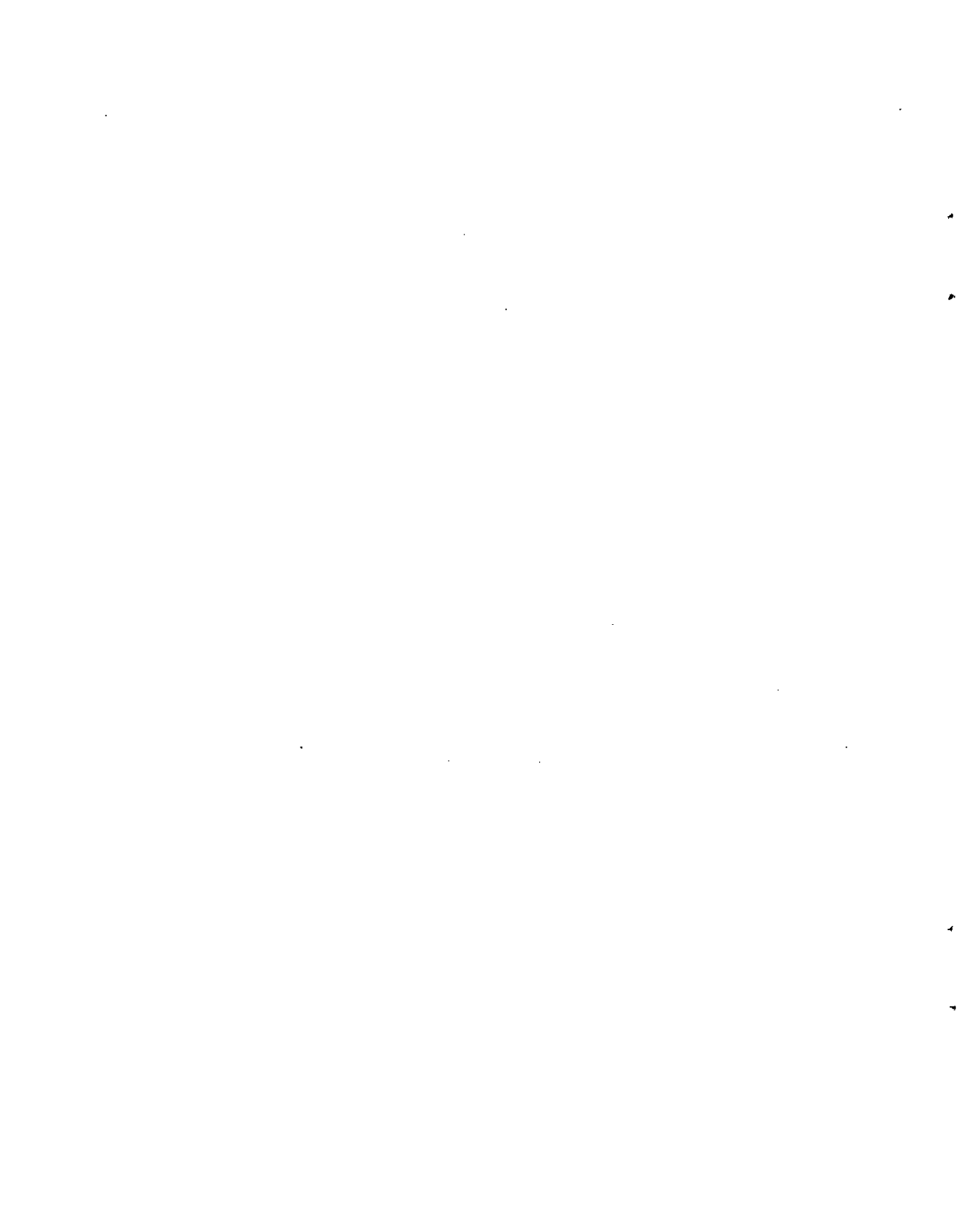
**VINHAÇA**: resíduos sólidos procedentes da fermentação alcoólica.

**VÍRUS**: agente infeccioso que necessita de uma célula hospedeira para sua replicação, composto de ácidos nucléicos envolvidos por uma capa protéica.

**ZONA BENTÔNICA**: zona que inclui todo fundo do mar.

**ZONA PELÁGICA**: zona do mar que inclui toda massa d'água.

**ZOOPLÂNCTON**: animais marinhos flutuadores, microscópicos ou de tamanho muito reduzido, que habitam a zona pelágica; representados por: larvas e ovos de peixes, crustáceos e pequenos crustáceos.



# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 ANCIÃES, Wanderley & CASSIOLATO, José Eduardo. Biotecnologia: seus impactos no setor industrial. Brasília, CNPq, 1985. 172 p.
- 2 BARROS, Pedro Mota de. A experiência brasileira em biotecnologia. In: VIÉGAS, João Alexandre & BARROS, Pedro Motta de, org. Biotecnologia e desenvolvimento nacional. São Paulo, Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1985. p. 163-211.
- 3 \_\_\_\_\_. Biotecnologia na agricultura: desafios e potencialidades. In: BARROS, Pedro Motta de & BORBA, Marilda Pinheiro, org. Biotecnologia em São Paulo: recomendações para uma política. São Paulo, Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1985. p.175-94.
- 4 BRASIL. Ministério da Indústria e do Comércio. Secretaria de Tecnologia Industrial. Diretório de entidades atuantes em ciência e tecnologia no Paraná. Brasília, 1983.
- 5 BIOFUTUR. Diversos números.
- 6 BIO/TECHNOLOGY, New York, July, 1984.
- 7 BUTTEL, Frederick H.; KENNEY, Martin; KLOPPENBURG, JR., Jack. From green revolution to biorevolution: some observations on the changing technological bases of economic transformation in the Third World. Lexington, 1983. (Bulletin, 132). Texto apresentado na reunião anual da Rural Sociological Society, University of Kentucky, Lexington, ago. 1983.
- 8 CAMARGO, Mário E. Biotecnologia na área de saúde. In: VIÉGAS, João Alexandre & BARROS, Pedro Motta de, org. Biotecnologia e desenvolvimento nacional. São Paulo, Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1985. p.157-9.
- 9 CROCOMO, Otto J. Clonagem e propagação de plantas "in vitro". In: VIÉGAS, João Alexandre & BARROS, Pedro Motta de, org. Biotecnologia e desenvolvimento nacional. São Paulo, Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1985. p.143-59.
- 10 DNA PLANT TECHNOLOGY CORPORATION. Annual report, 1984. Cinnamanson, N. J., 1984.
- 11 FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. 10 anos de pesquisa: relatório técnico, 1972-1982. Londrina, 1984. 233 p.
- 12 GENETIC Technology: a new frontier. Boulder, Colorado, Westview Press, 1982. 331p.
- 13 OFFICE OF TECHNOLOGY ASSESSMENT. Commercial biotechnology: an international analysis. Washington, D. C., 1984. 612p.

- 14 SALLES FILHO, Sérgio Luiz Monteiro. As novas tecnologias de base biológica e os processos fermentativos: o caso brasileiro. In: VIÉGAS, João Alexandre & BARROS, Pedro Motta de, org. Biotecnologia e desenvolvimento nacional. São Paulo, Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1985. p.237-93.
- 15 TAVARES, Maria da Conceição. A retomada da hegemonia norte-americana: um aprofundamento do debate. Rio de Janeiro, UFRJ/IEI, 1985. (Texto para Discussão, 77).
- 16 UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS. Instituto de Filosofia e Ciências Humanas. Departamento de Economia e Planejamento Econômico. Perspectivas da biotecnologia: avaliação das tendências internacionais e no Brasil. Campinas, 1984. 147p.
- 17 UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS. Instituto de Geociências. Núcleo de Política Científica e Tecnológica: Biotecnologia e produção de fármacos: uma primeira avaliação estratégica. Campinas, 1985. 104f.
- 18 ZYLBERSZTAJN, Décio et alii. Estudo econômico do uso de processos biotecnológicos na agricultura. In.: VIÉGAS, João Alexandre & BARROS, Pedro Motta de, org. Biotecnologia e desenvolvimento nacional. São Paulo, Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1985. p.35-103.

# SEMINÁRIO PARANAENSE DE BIOTECNOLOGIA

## ABERTURA

*Otto Bracarense Costa*

Secretário de Estado do Planejamento

A partir deste momento, damos por aberto o Seminário Paranaense de Biotecnologia. Gostaria de trazer aos senhores uma mensagem do Governador José Richa, cuja vontade era estar aqui presente neste momento. Mas, às segundas-feiras, desde o início do Governo, sempre às 9h, há um encontro do governador com as secretarias instrumentais (Planejamento, Finanças, Administração e Casa Civil), oportunidade em que se analisa o que aconteceu na semana anterior e se estabelecem as linhas para a semana que se inicia. Hoje, é a última reunião desta ordem de que participa o governador José Richa. Na próxima segunda-feira, ele não estará mais nela. Por isso ele não pôde vir, recomendou-me que trouxesse aos senhores esta mensagem, de boas vindas aos que nos visitam hoje em Curitiba, e de êxito a todos os que participam deste seminário.

O Governo está atento ao que ocorre na área de biotecnologia. Foi recebida com muita alegria, pelo Governo do Paraná, a criação do Ministério da Ciência e da Tecnologia e, dentro dele, a da Secretaria Especial de Biotecnologia. Todos os senhores, deste plenário, conhecem biotecnologia melhor do que eu. Todos são exatamente especialistas neste ramo.

Sabemos que o homem convive com a biotecnologia desde os seus primórdios: os cervejeiros, os fabricantes de vinho, a própria fermentação, o pão, o trigo, que é o alimento mais tradicional do homem. Mas está nos faltando, no Brasil, metodizar este convívio, esta atividade, aproveitando de forma melhor a biotecnologia. Por tudo isso, foi muito bom o que o governo federal fez. Estamos muito atentos ao que o governo do RS já tomou, também, como iniciativa — lá já há um Centro de Biotecnologia. Estamos atentos a SP, já com seu plano estabelecido no campo da biotecnologia. Preocupação que há em outros Estados, mas estes dois como um passo adiante, com mais propriedade. Por tudo isso, este encontro é muito importante para o Governo, para o PR — Estado cuja vocação é o setor primário, a produção de alimentos. E nós sabemos o que é a biotecnologia também neste campo da atividade humana.

Por tudo isto eu trago aqui a mensagem do governador e como Secretário de Planejamento, que tem, também, como atribuição, participar do CONCITEC e viver com a comunidade científica a cada mês ou a cada bimestre. O CONCITEC sente-se alegre, realizado em poder, junto com o BADEP, o TECPAR, o IPARDES e o IAPAR, participar deste conclave. Dou por abertos os trabalhos do seminário e por encerrada esta seção de instalação. Obrigado.

Em nome da diretoria do BADEP e de seu corpo de funcionários, gostaria, primeiro, de agradecer a presença dos senhores no prestigioso encontro, de grande interesse para todos nós e para a comunidade paranaense.

É intenção do Banco, neste esforço que se faz hoje no desenvolvimento tecnológico, se somar, no sentido de que realmente o PR possa ocupar o espaço que lhe cabe neste setor. Quero aproveitar a oportunidade para fazer o lançamento do Programa Integrado de Biotecnologia – PROBIO.

Desde o ano passado o Banco, em vários contatos que manteve com a FINEP, em encontros realizados, detectou a possibilidade de vir a apoiar o esforço que se faz na área da biotecnologia. Com isso, formulou um programa integrado que visa incentivar a modernização e a ampliação do setor produtivo e que tem, por objetivo específico, apoiar as atividades de pesquisa básica, pesquisa aplicada, incorporação de processos e tecnologias, montagem e/ou ampliação de linhas de produção. Integrando a pesquisa às atividades econômicas, serão beneficiados programas, universidades, centros de pesquisas e empresas industriais e agrícolas.

Este programa será dividido em duas fases. Numa primeira, o Banco procurará, utilizando recursos de fontes tradicionais, complementar os recursos necessários para o desenvolvimento destas atividades. Quer dizer, mesmo não havendo um programa, a nível estadual, voltado à biotecnologia, o Banco tentará, através da existência de linhas tradicionais de financiamento, fazer uma composição de fundos com o objetivo de poder apoiar estas atividades. Isto para que numa segunda fase, quando já se tenha um programa melhor orientado e definido, se possa buscar os recursos junto a outras fontes, talvez não-tradicionais, necessários a esta atividade da biotecnologia.

A abrangência do programa está nos setores químico, farmacêutico, energético, de alimentos, agrícola, de mineração e de serviços. Estarão envolvidos os diversos órgãos e conselhos que atuam no setor — CONCITEC, IPARDES, TECPAR, IAPAR, UFPR, MINEROPAR e outros. Enfim, gostaria de utilizar a oportunidade justamente para lançar o PROBIO, como primeiro esforço do Banco de se integrar à procura do desenvolvimento da biotecnologia no Estado do PR.

# POLÍTICA E PROPRIEDADE INDUSTRIAL EM BIOTECNOLOGIA NO BRASIL

Conferencista

*Paulo Torres de Carvalho*

Secretário Especial de Biotecnologia  
do Ministério da Ciência e  
Tecnologia

Presidente da Mesa

*Ruy Gerson Brandt*

Diretor Técnico do BADEP

As discussões sobre proteção das inovações biotecnológicas estão bastante adiantadas e negociações estão em curso, no âmbito da OMPI, para o estabelecimento de regras internacionais sobre o assunto.

As tendências verificadas baseiam-se na ampliação de conceito de biotecnologia, do conceito de sistemas biológicos, e do conceito de invenção, bem como a extensão da concessão de patentes a variedades de plantas e raças animais.

No que diz respeito ao conceito de Biotecnologia, a tendência se apresenta de forma a tal conceito abranger praticamente todos os sistemas biológicos e seus eventuais produtos, o que, talvez, bloquearia atividades fundamentais, hoje livres, como por exemplo, controle da poluição, aproveitamento de recursos de biomassa, aproveitamento de recursos marinhos, agricultura e pecuária, o desenvolvimento de variedades de plantas e de raças de animais, em função da concessão de privilégios de patentes.

Quanto ao aspecto do conceito de sistemas biológicos, o comportamento é semelhante, verificando-se a sua ampliação de forma a abranger organismos vivos de origem natural ou artificial, e aqueles considerados material biológico, tais como: plasmídeos, enzimas, partes de plantas, células, etc., podendo-se incluir, também, o conceito de microorganismo.

Em relação ao conceito de invenção, a tendência é a sua ampliação às atividades até então consideradas como descobertas, mantendo-se os critérios de patentes já existentes e completando-o pelos mecanismos de depósito de microorganismos do Tratado de Budapeste, onde o sistema de descrição das inovações foi substituído por um sistema de depósito.

Finalmente, além da extensão de conceito de patentes, outras alternativas visariam à maximização dos mecanismos de proteção das invenções biotecnológicas, como os sistemas definidos nos Tratados de Budapeste, através da concessão de patentes a invenções de difícil descrição, e UPOV - "Union Internationale pour la Protection des Obtentions Vegetales" - através da concessão de direitos de variedades de plantas.

Nesse contexto existem, atualmente, 16 mil patentes requeridas em biotecnologia, das quais apenas 4% requeridas para o Brasil. Isto significa que 96% das patentes existentes são de livre uso no país, o que nos permite considerar que o sistema de patentes, quando explorado adequadamente, pode ser um fator de desenvolvimento para Ciência e Tecnologia dos países menos desenvolvidos.

*(Texto reelaborado pelo autor)*



## Debate

Sylvio Péllico Neto  
(CONCITEC)

O senhor mencionou centros de depósitos, todos eles organizados nos países desenvolvidos. É vantagem ter um centro destes no Brasil? Como ele seria possível? O Ministério teria condições de requerer a existência de um centro de depósitos no Brasil?

Paulo T. de Carvalho

*Sinceramente, eu diria que não é vantagem. Um centro de depósitos com o são os internacionais não seria vantagem, porque o Brasil não assinou a Convenção de Budapeste. Sem a assinatura, nós não reconhecemos o depósito. Nestas condições, estabelecendo um centro, estaríamos abrindo uma porta para que houvesse outras pressões no sentido do reconhecimento de patentes. E como, pessoalmente, assumo uma produção de acordo com a lei brasileira, que não reconhece patentes em alimentos e remédios — portanto, dificilmente serão patenteados microorganismos —, nós deveríamos realmente tomar todas as providências para que a lei brasileira fosse cumprida e aqui não houvesse o sistema de patentes. Isto é diferente, talvez, de um sistema ou de um banco onde os pesquisadores brasileiros pudessem encontrar, ou lançar mão de material genético disponível. Algo semelhante ao que a EMBRAPA tem no CENARGEN ou coisa parecida. Estou me referindo, então, ao banco de depósito do sistema internacional, dentro do Tratado de Budapeste. Isto, que nós não deveremos ter. Já algo como o CENARGEN, ampliado, aumentado, considero muito desejável.*

Plínio Romanó Júnior  
(Ministério da Agricultura)

Dentro de um planejamento agrícola, conhecem-se o perfil e a composição química do solo. Com base nisto, se planta. Entendemos que planejamento agrícola implicaria — e aí é que vemos a importância da biotecnologia — conhecermos a fauna do subsolo, do solo, num enfoque mais biológico da agricultura, cuja inexistência entendemos ser, hoje, a grande falha no país. O solo não é uma entidade morta, estanque, mas tem vida e não a conhecemos. Se não avançarmos neste sentido — e não só em nível de pesquisa mas também no de execução —, não teremos uma agricultura que evolua, preserve o meio-ambiente e dê, ao país, as condições de independência desejáveis e necessárias. Quer dizer: ficaremos sempre dependentes dos insumos importados, direta ou indiretamente, e destruiremos nossa riqueza que é o meio-ambiente, o solo. Acho que, não só em pesquisa mas do ponto de vista executivo também, a biotecnologia tem de avançar. E avançar em termos executivos, no nível da agricultura deste país. É o depoimento que gostaríamos de dar, como integrantes do Ministério da Agricultura. É o que o colega do outro Ministério consiga elevar esta preocupação, em nível de Ministério da Agricultura, de Governo, de comunidade técnica em todo o país.

Paulo T. de Carvalho

*Ouvi com muita atenção e faço minhas as palavras apresentadas. Aliás, não poderia ser de outra forma, porque sou professor exatamente de Microbiologia do Solo. Portanto, faço minhas as palavras e a inquietação do delegado agrícola, representante do Ministério da Agricultura aqui.*

Luis Carlos Jabur Gaziri  
(UEL)

Minha maior preocupação em relação à biotecnologia é a dificuldade de formar pesquisador. Estamos muito atrás na área básica. Nos EUA e na Inglaterra, vemos enorme quantidade de laboratórios trabalhando em biotecnologia. Para se absorver a biotecnologia e passá-la ao nível de pesquisa aplicada, de instituição, é necessário ter um patrimônio de recursos humanos muito grande. Nós não temos, primeiro porque nossos laboratórios são extremamente desequipados; segundo, porque nossa defasagem, em termos de tempo, para absorver qualquer tecnologia, é muito grande, já começa até no nível da bibliografia. Quando a recebemos, já é com seis meses ou um ano de atraso. Assim, gostaria de saber se existe — e, se não, quero deixar isto como proposta — algum estudo para se formar núcleos nos quais os pesquisadores brasileiros possam fazer estágios para absorver rapidamente a biotecnologia. Talvez fosse necessário — e aqui entra a ética, questão realmente interessante — a gente importar PhDs recém-formados de laboratórios americanos. Trazê-los por dois anos, oferecer-lhes posição de professor. Seria necessário, talvez, trazer gente de fora e considerar a área prioritária mesmo, investindo maciçamente no nível do possível. Porque, enquanto não formarmos um patrimônio humano capaz de trabalhar com biotecnologia básica, não teremos condições de absorvê-la no nível de indústria. Nossas indústrias, infelizmente, não investem, mas utilizam o que é criado fora. Enquanto as multinacionais do Hemisfério Norte investem maciçamente em pesquisa aplicada e em tecnologia, nossas indústrias em geral nada investem, são capitalistas da pior espécie. Assim, acho que talvez fosse hora de fazermos um grande esforço, no nível de Estado, de Ministério, para criarmos alguns grupos de biotecnologia, capazes de formar alguns pesquisadores que disseminassem a biotecnologia no laboratório. É lógico que, durante este tempo, poderíamos também treiná-los quanto à ética da proteção do germoplasma, do nosso ponto de vista, e quanto à desnecessidade de ética de proteger o interesse alheio. Minha pergunta é, pois, se existe, a nível de Ministério, uma preocupação em formar estes grupos. Se não existe, minha proposta seria de que rapidamente se pensasse em formá-los, pois é na formação do recurso humano, primeiro, que vamos claudicar; segundo, na formação de laboratório. Porque, em princípio, são tecnologias facilmente absorvíveis, precisando apenas de passos iniciais para o pesquisador universitário poder se mover e, possivelmente, um tipo de programa governamental (e o CONCITEC é um exemplo disto, pois num espaço muito curto de tempo está tendo grande importância para nossas universidades, apesar de suas limitações orçamentárias).

Paulo T. de Carvalho

*As considerações feitas são terrivelmente complexas. Tanto que, para respondê-las, me permito descer da mesa e utilizar papel, ali, para anotar algumas coisinhas, porque foi tocado um ponto de importância fundamental. E eu vou me permitir, então, discutir alguma coisa sobre este ponto. Bem, nós temos muitos problemas dentro da pesquisa brasileira, terríveis. Já me referi à falta de verba e aos baixos salários, e posso me referir a problemas de baixo nível de formação do pesquisador. Quando pensamos em pesquisa, no Brasil, normalmente pensamos em universidades ou institutos. E pensamos em dois tipos de pesquisa; a pura, básica, à qual as universidades, principalmente, dedicam sua atenção. Se olharmos o esforço da universidade, veremos que está centralizado na pesquisa básica. Por vezes, chega até à pesquisa aplicada. Então, a tendência da universidade é diminuir a pesquisa aplicada, concentrando seu esforço em pesquisa básica. Por seu lado,*

os institutos têm uma pequena diferença: tendem a aumentar a sua participação na pesquisa aplicada, diminuindo-a na pesquisa básica. E, quando falamos em formação de recursos humanos, pensamos em atender a estes segmentos. Então é extremamente comum se falar em biotecnologia e o pesquisador estudá-la e realizar alguns experimentos em nível de laboratório, imaginando que sua tarefa está terminada. No entanto, o que ocorre é que temos a sociedade radicada no degrau mais de baixo. E a sociedade brasileira passa a ter certas exigências que nem sempre são as que estão sendo discutidas aqui. Quando imaginamos uma empresa, ela, na verdade, visa atender à sociedade. Ela visa ao lucro como seu pagamento pelo atendimento, mas basicamente vai atender às necessidades desta sociedade através do fornecimento de produtos que ela requer. Se imaginarmos uma empresa atendendo o mercado no seu sentido mais amplo, no segmento x, no segmento y surgem determinadas exigências que precisam ser atendidas pelas empresas. Temos, então, duas formas deste atendimento. Uma é a chamada "empurrão tecnológico", quando o pesquisador desenvolve determinada tecnologia em nível básico, ela passa pelos processos de aplicação e depois, num sentido de cima para baixo, vem atender às necessidades da comunidade. Isto às vezes ocorre, por exemplo na descoberta de alguns remédios, antibióticos; ou de condições determinadas de produção, etc. Mas é raríssimo que ocorra. Normalmente, temos as necessidades da sociedade primeiro detectadas na própria comunidade. Depois, institutos de pesquisa e universidades vêm ao encontro disto. Então, temos um sistema que faz isto, que chamariamos de atração de mercado ou atração da sociedade. A sociedade está puxando, pede que sejam realizadas certas pesquisas. E aqui, por falhas institucionais, muitas vezes na mentalidade e na maior parte das vezes (e aqui é uma idéia minha) por manipulação de poder, nossos pesquisadores têm constrangimento em determinadas atitudes pragmáticas. Estou usando manipulação de poder. Por quê? Frases como "prostituição da ciência", "ciência pela ciência", "ciência pura é algo como ao alcance dos anjos", "pesquisador ou professor universitário como se exercendo um sacerdócio", são formas de manipulação do poder que, simplesmente, fazem com que o nosso pesquisador ou professor se divorcie da realidade. Ele tenta fazer a pesquisa, básica ou aplicada, em nível completamente fora da realidade. Notem que eu pus a sociedade diferenciada. Por quê? Porque, no momento em que termina a pesquisa aplicada, nós passamos a ter um grande ponto que aqui, no Brasil, é o responsável por todos os problemas que estão surgindo, que é o scale-up ou desenvolvimento. E, uma vez detectado um ponto qualquer aqui, ele precisa ser desenvolvido para que realmente a empresa possa receber uma tecnologia pronta, a fim de transformá-la em produto e entregá-la à sociedade. E normalmente o que encontramos, dentro da universidade e dos órgãos de pesquisa, é todo um conceito, uma filosofia, uma estrutura montada para que, na realidade, se manipule o poder, para que o pesquisador e o professor sejam sacerdotes e não atendam realmente à comunidade. Esta é a grande maneira pela qual nós continuaremos subdesenvolvidos. Porque precisamos imaginar que a razão de ser de nossa pesquisa é a sociedade e por ela somos pagos. Portanto, deveremos pesquisar em função dos interesses e dos desejos da sociedade. Vamos pesquisar, por exemplo, soro anti-ofídico, que é uma tecnologia de 60 ou 80 anos atrás, mas que está matando, segundo informes dos jornais, 70 mil brasileiros por ano. Ou vamos trabalhar em AIDS, que é fronteira da ciência e que está atingindo 300 ou 400 pessoas em SP? E, no Brasil todo, chega a atingir de 800 a mil?

*Nas duas coisas, talvez, mas se tivermos que ter um esforço concentrado do governo, é evidente que ele tem que vir para atender aos problemas fundamentais da sociedade. E aqui entra, novamente, um conceito filosófico, e eu me permito falar em meu nome: na realidade, na pesquisa, o desenvolvimento e o trabalho têm de ser feitos em função da sociedade, em função de desejos solicitados por ela. E este é um ponto onde, por uma falha institucional, nós tendemos a nos separar. Raramente o professor universitário vai se dedicar a um scale-up. Raramente vemos um instituto fazendo scale-up, porque isto não é mais ciência e o professor universitário é um sacerdote. Enfim, é algo que se coloca na cabeça e que termina sendo danoso para a própria comunidade. Porque, se ele se colocasse como um profissional do qual a sociedade realmente precisa, exigiria salário – porque está produzindo para recebê-lo –, condições de trabalho e aí, realmente, devolveria à comunidade, em muitas vezes, aquilo que dela recebe. Mas, atrás destas formas todas, ele se deixa manipular, seu trabalho também fica de segunda e aí nós todos caímos num círculo vicioso; nenhum professor produz porque não ganha; não ganha porque não produz. E isto eu falo com 34 anos de professor. É opinião totalmente pessoal. Então, notem que precisamos modificar nossas instituições para colocarmos o desenvolvimento. E precisamos fazer tudo isto – pesquisa básica, aplicada e de desenvolvimento – em função de uma atração, de uma exigência da sociedade. Se fizermos um pouquinho de auto-crítica, vamos verificar que o treinamento e a formação de recursos humanos, em grande número dos casos, se manifestam como? Em um profissional indo ao exterior, adquirindo técnicas evoluídas, retornando ao Brasil e querendo aplicá-las, sem perguntar se realmente a sociedade as está querendo. É perfeitamente compreensível pelo lado humano, pelo ponto de vista individual, que alguém que vá ao Instituto Pasteur trabalhar com o Montagny, por exemplo, volte querendo trabalhar em AIDS, aqui no Brasil. É normal, humano e lógico. Mas o que o Brasil realmente quer são trabalhos não tão importantes como este – cientificamente, seria algo fantástico uma vacina contra AIDS – mas que, em termos sociais, representam mais: soro anti-oftálmico, controle de diarreias, coisas deste tipo. Como, em agricultura – como disse aqui o representante do Ministério – precisamos de trabalhos fundamentais para preservar a vida do solo, mas em termos científicos extremamente simples. Por isto é que, no momento em que o Paraná discute o estabelecimento de um programa, reafirmo que o ponto de partida de todo e qualquer programa é o povo. Temos de montar um programa perguntando o que é o que o povo quer. Quais são os objetivos do povo brasileiro, ou do povo paranaense? Realmente o povo quer que formemos empresas de um capitalismo selvagem, para concorrerem com outras empresas? Quer que transformemos o Estado do Paraná numa grande multinacional, para competir com Monsanto e Dupont ou coisa que o valha? O povo brasileiro quer realmente isto? Ou quer o oposto, a estatização, a transformação do Brasil ou do Paraná num grande Estado socialista? Será que é isto realmente que o povo quer? Ou o povo quer coisas mais simples, seus direitos fundamentais atendidos e assistidos? O povo somente está desejando uma vida normal e simples, mas digna, com direito de moradia, de comida, de alimentação e de amar. E este direito é negado porque nós ficamos, muitas vezes, fora da realidade, sem olhar os reclamos do povo. O que o povo está pedindo hoje, da biotecnologia? Basicamente, o direito de comida e, como sua consequência, o direito de saúde. O direito de saúde passa, muitas vezes, por problemas que são terrivelmente simples: aumentar a oferta*

*de alimentos básicos, que depende tão somente de uma vontade nacional e passa pelo direito fundamental de saúde, que implica direito de moradia. Isto não é biotecnologia, mas dentro de seu campo há saneamento, que é fundamental para uma água e uma comida adequadas. E, através de medidas preventivas, se chega à vacinação e coisas deste tipo. O povo quer o direito básico, que é a vida. Então, notemos que, se nós consultarmos o povo, nosso enfoque muda muito e ocorrerá que nossos recursos humanos, hoje existentes, são suficientes para atender aos direitos fundamentais. E, paralelamente à formação dos recursos básicos nos grandes centros de pesquisa, onde vamos parar para disputar o amanhã, estamos fazendo o hoje numa posição pragmática. E os recursos humanos de que dispomos hoje dão para começar a trabalhar hoje. Temos que aproveitá-los ao máximo e, dentro disto, promover modificações institucionais, de mentalidade no nível individual, pragmáticas e de otimismo que sejam levadas aos nossos institutos. Medidas simples, como o atendimento às necessidades fundamentais do professor e do pesquisador, farão com que isto se modifique e com que o pesquisador passe a entender que pertence ao povo e é do povo. Assim, vai trabalhar para o povo. Começará a fazer hoje o que pode fazer hoje. Veja bem que esta política pragmática não implica a inexistência de uma política de recursos humanos a longo prazo, ou a médio prazo. Então temos, realmente, que formar pessoas para trabalharem na pesquisa básica. De nada adiantará formar pessoas se hoje não começarmos a trabalhar no desenvolvimento. E quando acusamos uma empresa de comprar o pacote pronto para atender aqui, é porque na realidade a pesquisa brasileira não o fornece. Isto porque a pesquisa brasileira tende a achar que, como fez em laboratório, está feita a coisa. Na verdade, terminada a fase de laboratório há muito mais trabalho: aí é que começa o trabalho mesmo, para entregarmos o pacote pronto. Fazer uma pesquisa em laboratório e transformá-la em processo industrial é um mundo! Aí é que começa a pesquisa. E, se conseguimos chegar no conhecimento básico, não fomos capazes, por exemplo, de neste campo fazer um desenvolvimento. Aí é que está o ponto básico, onde entram conhecimentos de engenharia de produção, de sistemas e por aí afora. É o scale-up. E nenhum programa de biotecnologia o será realmente se não considerar estes aspectos. Esta é outra mensagem que gostaria de deixar: que o programa realmente pense a longo prazo, com recursos humanos. Apenas dando um avanço na questão, este ano serão gastos US\$ 11 milhões na formação de recursos humanos básicos em pesquisas fundamentais. É o programa de investimento na área de biotecnologia. Nós não esquecemos deles, mas afirmamos que serão absolutamente inúteis se não começarmos, hoje, a usar o que temos em desenvolvimento. Porque aqui é que está o nosso estrangulamento, que faz com que o brasileiro morra de diarreia hoje, que haja mortalidade infantil alta hoje, falta de comida hoje, fome no Brasil hoje. E o povo brasileiro está pedindo que se mate, em primeiro lugar, a sua fome e que se atenda a seus direitos fundamentais. Desculpem se me empolguei um pouco, mas realmente este tema me fascina.*

Edmundo Reichmann  
(TECPAR)

O professor Carvalho falou muito no pesquisador, dentro do contexto todo. Agora, em minha opinião o pesquisador é um indivíduo que precisa ser administrado, também. O que ocorre em nossas instituições é que pegam lá o indivíduo fazendo pesquisa básica e, de repente, ele é transformado num administrador. Então, o Brasil é mais carente de administradores de pesquisa do que, basicamente, de pesquisadores. Sempre que se pega

um pesquisador e se coloca em administração de pesquisa, ele é um indivíduo que está fora do frasco, da realidade. E dá todos aqueles tropeços que o pesquisador dá, frente a um repórter, por exemplo: ele não sabe o que falar, nem sabe como anda sua pesquisa. Já fizemos, no PR, a experiência de abrir um instituto de pesquisa para que a comunidade viesse a ele, pesquisar. Porque a comunidade, quando tem alguma coisa para pesquisar, tem medo de repassá-la a alguém: vem munida de idéia nova, de um novo produto. Assim, não vai ao instituto ou à universidade pedir uma pesquisa sobre determinado assunto. Já fizemos a experiência de o empresário ir ao instituto e ali desenvolver sua pesquisa. Dá resultado. Quanto se cobra por isto? Nada, porque sempre há um desenvolvimento, um produto, um ICM que volta em recurso. O único truque é o Governo entender que pesquisa, desenvolvimento, é negócio importante. Só quero chamar a atenção para o fato de que estas duas unidades – universidade e instituto – foram desestruturadas. Há 20 anos que se largou, lá dentro, um macaco na casa de louças. Isto precisa ser arrumado. Por que não há soro anti-ofídico no Brasil? Porque o Instituto Butantã não tem base administrativa para administrar os recursos que lhe são repassados agora. O Instituto Butantã leva de três a cinco semanas para conseguir comprar um sal. Ora, desde que se arrume a estrutura administrativa dos institutos e universidades, e desde que se tenha formação de pesquisadores como administrativos de pesquisas, nós vamos chegar ao lugar certo.

Paulo T. de Carvalho

*Não vou responder. Agradeço muito à manifestação do dr. Reichmann. Eu procurei chamar bem a atenção para o problema, era institucional também. Acredito que, com os esclarecimentos dele, como diretor do Tecpar, foi mostrado bem por onde o problema, é institucional. É institucional também, ou principalmente. E vejam bem que, quando se abre à comunidade, o problema passa por proteção à propriedade. Na verdade toda empresa, quando descobre algo, quer ter para si as vantagens monopolísticas daquele algo que descobriu. E aí a questão passa pela proteção à propriedade.*

Solon Cordeiro de Araújo  
(NITRAL)

Se nós conseguirmos entrosamento de pesquisadores, técnicos de empresas, com pesquisadores e técnicos de universidades e institutos, estaremos diminuindo aquele lapso que o professor Carvalho mostrou. Era esta a colocação que eu tinha.

Ramiro Wahrhaetig  
(CITPAR)

Há algumas semanas foi instalado, no Paraná, o Centro de Integração e Tecnologia do Paraná – CITPAR –, que não é entidade de governo, mas sim uma sociedade civil sem fins lucrativos que conta com a participação do governo. Mas conta, principalmente, com a participação de usuários de tecnologia e de institutos e centros de pesquisa, com o objetivo – talvez um pouco ambicioso, mas acreditamos na possibilidade de chegar lá – de transformar o Estado, a médio e longo prazos, em pólo gerador, produtor das chamadas tecnologias de alta densidade, ou de ponta. Neste espectro de tecnologias temos desde a informática e a microeletrônica até a tecnologia de telecomunicações, passando aí pela biotecnologia e seus diversos ramos (agroindustrial, alimentar, farmacêutica, energética, etc.). Nós estamos começando a desenvolver nossos trabalhos. O CITPAR foi instalado há cerca

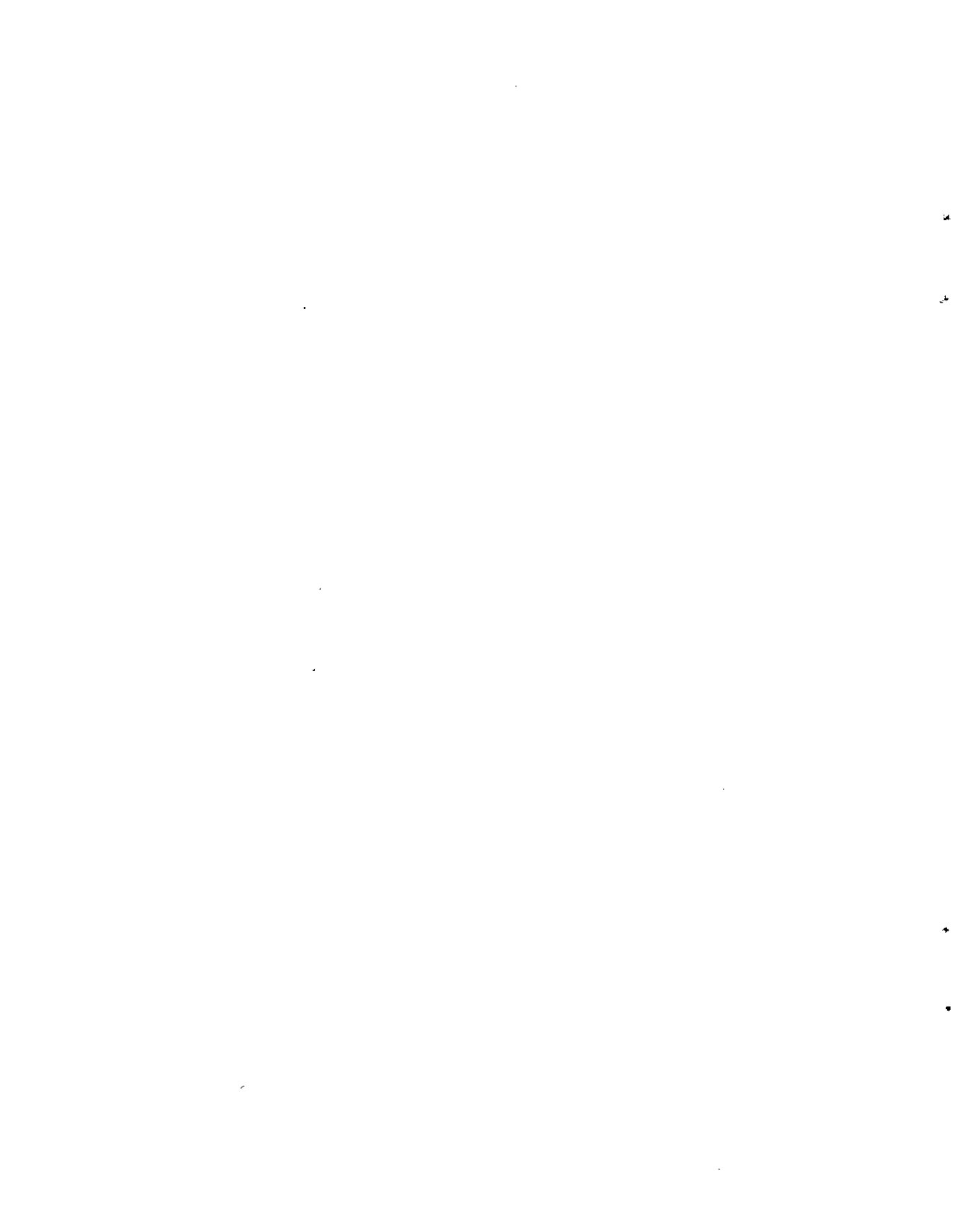
de duas semanas, inclusive com a presença do ministro Renato Archer e grande apoio de toda a comunidade. Temos algumas idéias que estamos começando a discutir, com relação ao problema de formação de recursos humanos. Em minha opinião, pelo menos em termos do Paraná, quando se fala em tecnologia de ponta, a questão é fundamental. É o problema também, por exemplo, da aproximação entre universidade e institutos de pesquisa, igualmente sério. Isto vem em cima de muita coisa que o senhor falou, que o dr. Reichmann falou e que o último debatedor falou. Nós estamos começando a discutir algumas idéias em alguns setores desta tecnologia de ponta — como é o caso do eletroeletrônico, de telecomunicações —, mas acho que o modelo inclusive pode se reproduzir à biotecnologia. A idéia é a seguinte: inicialmente, temos de concentrar esforços na formação de recursos humanos e no desenvolvimento da pesquisa aplicada. Os recursos humanos nestas áreas, no Estado, são até certo ponto escassos e, em suma, acreditamos que os grupos já existentes devem, na medida do possível, concentrar seus esforços e tentar trabalhar juntos. Estamos desenvolvendo algumas idéias e iniciando alguns contatos inclusive com o BADEP, para vermos as possibilidades de instalar, no Paraná, alguns chamados institutos, universidades e empresas de alta tecnologia. Por exemplo, um instituto-universidade-empresa de biotecnologia agroindustrial. No Estado temos o IAPAR, alguns grupos de pesquisa em Curitiba, a UFPR, o TECPAR, alguma coisa na FUEM. A idéia é concentrar recursos humanos, instalações e equipamentos existentes nestas instituições. Universidades e centros de pesquisa entrariam com recursos humanos, instalações e equipamentos, por um lado; por outro, teríamos algumas empresas interessadas no setor também entrando com recursos humanos e financeiros; por fim, o governo do Estado entraria apoiando com recursos financeiros. Juntando esforços, poderemos ir buscar recursos com um pouco mais de facilidade junto ao governo federal. Desta forma constituiríamos, por exemplo, um instituto-universidade-empresa de biotecnologia agroindustrial. Acredito que o modelo pode dar certo e nós, a médio ou a longo prazo, poderemos formar recursos humanos e desenvolver pesquisa aplicada que seja da necessidade da nossa comunidade. Este instituto teria dois objetivos fundamentais: formação de recursos humanos especializados e desenvolvimento de pesquisa aplicada para as empresas que estivessem consorciadas. Fundamental é que, se não tivermos recursos humanos no Estado em volume suficiente para constituir um grupo de elite, obviamente teremos de buscá-los lá fora. Gostaria, inclusive, de ouvir sua opinião a respeito.

Paulo T. de Carvalho

*Realmente, eu já estava sabendo da formação deste grupo aqui no Paraná. Se não me engano a instalação ocorreu no dia 14, uma segunda-feira. Era para eu ter comparecido a Curitiba para este ato. Infelizmente, dr. Renato também foi convidado para um ato na UNICAMP e me pediu que eu o representasse lá em Campinas, num seminário promovido por aquela universidade, razão pela qual não vim aqui. Mas estava sabendo já da formação do CITPAR e acredito ser iniciativa que vem exatamente ao encontro daquelas idéias que procuramos apresentar. Realmente, precisamos trabalhar em dois campos: um, de resolvermos as necessidades de hoje do povo brasileiro, atendendo ao nível social do nosso povo. Pra isso temos, pragmaticamente, condições, que às vezes passam por administração e às vezes por desenvolver esta ou aquela instituição. E precisamos pensar no amanhã, que significa exatamente aquela abordagem de proteção da biotecnologia tradicional face às inovações que vão ocorrer,*

*fatalmente, com a manipulação do sistema genético. Agora, aqui entra uma visão minha: precisamos dotar essas instituições que nascem de uma flexibilidade fantástica. Eventualmente, até pensar em termos de empresas privadas de pesquisa. Se não, nunca iremos acompanhar a nova biotecnologia. Precisamos imaginar que uma clonagem, ou engenheirar uma bactéria, deve ser algo terrivelmente dinâmico, porque está sendo feito às centenas, por semana, dentro de uma dessas empresas, como Genentech. Aqui no Brasil, uma universidade leva seis meses para falar "clonei este gen" ou "fiz tal coisa". Dentro destas condições, não vamos conseguir êxito. Precisamos pensar em dinamismo, em dar à nova empresa, instituição – não sei qual a solução que o Paraná vai seguir – profundo dinamismo, de modo a realmente ouvir de um lado, a sociedade e, de outro lado, a acompanhar os progressos da ciência fundamental. Gostaria de terminar dando uma satisfação à comunidade científica do Paraná que acompanhou aquele programa de alimentos básicos que começamos a preparar no ano passado, em Brasília: o programa está pronto e deverá ser lançado ainda neste mês de maio. Realmente vamos lançar um programa de pesquisas em alimentos básicos de acordo com as decisões da comunidade científica ainda este mês. O ministro o lançará e acredito que será uma injeção de recursos que possibilitará o atendimento a muitos projetos de pesquisa, dentro da área de alimentos, hoje com alguma dificuldade. Finalmente, quero agradecer a atenção com que todos me ouviram e a oportunidade e a honra com que o Estado do Paraná me convidou, permitindo fazer esta apresentação. Muito obrigado.*





# BIOTECNOLOGIA E EMPRESAS PRIVADAS NO BRASIL

Conferencista  
*Wilson Leon*

Diretor-Presidente da Microbiológica,  
Consultoria,  
Análise e Produtos Biológicos

Presidente da Mesa  
*Percy Ronald Blitzkow*  
Assessor de Pesquisa e  
Desenvolvimento - BADEP

A interação pesquisa-ensino-empresa é absolutamente necessária para o desenvolvimento nacional. O docente-pesquisador, através dos seus estudos e sua experiência de bancada, aliando coisas que lhe são peculiares, como a imaginação e a criatividade, vai desenvolvendo tecnicamente a pesquisa básica e paralelamente formando jovens. Jovens estes que constituem a verdadeira riqueza nacional. Esta é a integração ensino-pesquisa. A um momento dado, a massa crítica de resultados experimentais obtida através dos trabalhos científicos pode perfeitamente ser transferida para a empresa. Essa transferência deve ser mediada pelo governo. Isto é, pelas empresas fomentadoras de pesquisas e pelos bancos de desenvolvimento, estaduais e federal.

Por outro lado, seria um erro crasso que premidos pela necessidade da independência tecnológica, os países em desenvolvimento obrigassem os seus pesquisadores a trabalhar na chamada "pesquisa aplicada". Sabe-se, com uma margem de certeza muito grande, que a pesquisa básica é absolutamente essencial para se adquirir, no futuro, competitividade com a tecnologia importada.

A "Microbiológica" é resultante, tal como várias outras empresas nacionais e estrangeiras, do que está descrito acima. Foi criada por cinco professores universitários, todos com pós-graduação em nível de doutorado e pós-doutorado em Microbiologia e Química. A experiência acumulada por estes professores, após 15 anos de vivência como docentes-pesquisadores, permitiu erigir uma microempresa que veio para preencher algumas lacunas do mercado tecnológico brasileiro. Foi assim que rapidamente a "Microbiológica" evoluiu de fabricante de soro fetal bovino para oferecer hoje em dia mais de 60 diferentes produtos nas áreas de soros, produtos bacteriológicos, meios de cultura de tecidos animais e vegetais, kits - diagnósticos para bacteriologia e mais recentemente, na área da Química Fina, Hormônios Vegetais e Fármacos. Estes fazem parte da Lista Nacional de Medicamentos e representam uma verdadeira conquista na luta pela independência tecnológica nacional.

Hoje, ainda tentando consolidar e ampliar o leque de produtos fabricados, a "Microbiológica" tal qual outras microempresas oriundas do mesmo processo, entende que a participação da Universidade como iniciante do pulo desenvolvimentista é fundamental.

Recomenda-se um estudo detalhado sobre a implementação do pagamento de *royalties* às universidades. Esta modalidade daria

um certo retorno à universidade, permitindo que esta tivesse mais recursos para serem aplicados na sua própria pesquisa em nossas universidades.

Ainda dentro do mesmo tema: o Produto Interno Bruto - PIB: o Brasil nunca investiu mais do que 0,6% do seu PIB na pesquisa. Os países desenvolvidos investem de 2-3% dos seus PIBs.

Reforçando a necessidade da ampliação da massa crítica de pesquisadores no nosso país, como argumento, pode-se comparar o Japão com o Brasil. No primeiro, para cada um milhão de habitantes existem 60 pesquisadores. Aqui, para a mesma quantidade da população encontram-se 2,4 cientistas.

Uma das estratégias criada pela "Microbiológica", para suavizar a dificuldade que os seus criadores, professores-universitários, teriam ao gerir uma empresa, foi dar participação nos lucros a todos os empregados. Esta tática, além de altamente progressista, permite uma maior responsabilidade na interação empresa-funcionário.

A microempresa, geralmente, tem o seu patrimônio na capacidade intelectual e criativa dos seus fundadores. Ela não dispõe de recursos. Para a sua consolidação, há necessidade que os órgãos fomentadores (FINEP, CEME, Bancos de Desenvolvimento, etc) criem situações favoráveis ao atrair pessoas que podem, a curto prazo, contribuir para uma mais rápida independência tecnológica. Infelizmente, o que temos assistido é a um constante entrave burocrático entre o recém-empresário e o órgão financiador. Exigências, papéis, terminologia complicada, etc. . . desencorajam o neófito bem intencionado.

Por outro lado, e ainda mais grave, é o fato de as microempresas nacionais serem vítimas das constantes mudanças na direção de órgãos governamentais. A falta de memória desses órgãos, cada vez que mudam de direção e conseqüentemente de orientação, além de confundirem, complicam e podem mesmo inviabilizar uma empresa iniciante.

*(Texto reelaborado pelo autor)*

## Debate

Percy Ronald Blitzkow  
(BADEP)

Realmente comungamos, em gênero, número e grau, com as colocações do dr. Wilson, inclusive temos, aqui, representantes da FINEP e do BNDES que acompanham este conclave com o BADEP, justamente um agente repassador de fundos para apoio à pesquisa e desenvolvimento em tecnologias, iniciativas como esta da Microbiológica. A chamamos que demos alguns passos neste sentido ao absorvermos a proposta do Plano de Estabilização Econômica, entendendo que simplesmente deixávamos a matemática financeira e passávamos a utilizar a aritmética, o que simplificará bastante. Infelizmente, neste processo de adaptação, muitas definições demandaram algum tempo para que, enfim, se pudesse introduzir a nova mecânica nos processos de financiamento. Mas acho que, numa somatória de esforços, poderíamos contribuir muito mais para que esta conexão entre a pesquisa e a empresa se efetivasse. O banco está efetivamente interessado em participar, como vem demonstrando ultimamente, no sentido de criar condições para um apoio financeiro a esta atividade. Principalmente, como o dr. Wilson falou, prestar um apoio institucional, porque não é apenas o recurso financeiro que é fundamental, às vezes, para a consecução de uma idéia ou de um projeto, mas sim o apoio institucional que um banco — como o BADEP e entidades congêneres — pode prestar ao empresário que ainda está na forma embrionária. Podemos, com alguma experiência a mais, facilitar o encaminhamento de soluções para os seus problemas. Inclusive, quando fui presidente do BADEP, anos atrás, tive um problema com um laboratório paranaense que, por má gerência, teve dificuldades e estava fechando. Nós recorremos à CEME — quando era responsável Wilson Aguiar —, que prontamente nos deu a relação de medicamentos que comercializava ou teria interesse em adquirir. Desde que o laboratório se enquadrasse dentro daquela lista de produtos, que os pudesse fornecer, a CEME estaria disposta a comprar sua produção. Então, há mecanismos no Brasil. Falta, talvez, um maior entendimento. E acho que esta é a oportunidade para que, ao final do trabalho, se definam algumas propostas. Nós estaríamos muito interessados, às vezes, em modificar nosso comportamento, face a essas colocações. Nem sempre quem formula as regras o faz da melhor maneira para quem as utiliza. Dando seguimento ao trabalho, o debate está aberto.

Luis Carlos Gaziri  
(UEL)

Defendo intransigentemente a pesquisa básica e vou repetir duas coisas que digo sempre e assumo. Nossa empresa é em grande parte irresponsável, do ponto de vista da programação social do futuro. As responsabilidades da fome do povo brasileiro não são da universidade, são da má administração. Se é necessário mudar a administração. . . É necessário administrar a fome do brasileiro, sem dúvida alguma, mas não é por isto que hoje vamos fazer a universidade responsável. É lógico que nem sempre vamos poder ver uma empresa nascer aqui embaixo, como nasceu a Microbiológica, que veio para absorver o que faltava. O que não se absorvia de mão-de-obra, o que não se podia gerar, a Microbiológica gerou. Tinha gente especializada, PhDs, este pessoal da UFRJ e foi muito bem formada. Mas e o resto da empresa, que não absorve? Como é que vamos ter uma relação doutores-população de um país desenvolvido? Todos vão ficar na universidade?

Não é possível. As empresas multinacionais, é lógico, não terão interesse em fazer transferência de tecnologia: vivem disto. Temos de gerar mecanismos financiadores. Existe a necessidade de financiar preferencialmente, eventualmente. Há coisas que têm de ser financiadas preferencialmente. Mas nós não podemos administrar o presente, ele passa, temos de administrar o que queremos ser. Então é necessário, indispensável, que se criem empresas genuinamente nacionais. É necessário que se implante uma mentalidade de absorver mão-de-obra especializada. Se formos chegar ao número de mestres e doutores que tem um país desenvolvido, e que é 10 vezes o que temos, vamos chegar a ele colocando tudo na universidade, para ensinar? Para atendermos quem vem nos procurar precisando de auxílio, como faremos se a universidade também não tiver seu patrimônio cultural-técnico, de laboratório, de recursos humanos? Não temos nem condição de atender! Quando eu chamo uma parte grande das empresas de capitalistas da pior espécie, é porque é verdadeiro. Vão utilizar apenas aquilo que deu resultado imediato, sem investimento. É lógico que, num país em que haja dúvida, o investimento é uma responsabilidade muito grande. Mas é necessário, indispensável que se tracem políticas, se façam investimentos pelos quais a empresa possa ser aproximada da universidade. Mas que a empresa se comprometa, seja por benefício de recursos fiscais ou o que for, a absorver mão-de-obra especializada. Sem uma implementação dos planos de pós-graduação nacional, ficaremos dependentes por mais 50 anos. É através da criação do recurso especializado que nós atingiremos uma proporção de mestres e doutores compatível com a dos países desenvolvidos. Então, acho que as fontes de financiamento precisam definir uma política prioritária de aproximação de empresa. Agora, nós, pesquisadores, estamos sendo extremamente menos pagos do que seríamos no mercado privado. A solução talvez seja contratar serviços na universidade, criar a estrutura dos institutos, dar benefícios fiscais para que a universidade seja complementada. Então temos hoje um PhD, mandado à Inglaterra para estudar processamento de sinal biológico. Custou cinco anos de investimento e muita dor de cabeça para definir sua viagem em ordem prioritária. Eu estou simplesmente arriscado a vê-lo passar para um centro de tomografia, que lhe paga Cz\$ 50 mil por mês, enquanto a universidade lhe oferece Cz\$ 16 mil. Então vamos perder, porque no centro de tomografia ele vai ser muito bem aproveitado pelo centro e muito mal aproveitado pela sociedade. Na universidade, ele seria bem aproveitado pela sociedade. Então é indispensável que se tracem políticas, no nível de órgãos de financiamento. É indispensável que se definam políticas de utilização dos nossos próprios recursos humanos, e de pagamento deles via complementação, talvez via estes tipos de acordo. Nossos legisladores têm de enxergar onde podemos ir.

Wilson Leon

*Esqueci de mencionar duas coisas importantes na interação universidade-empresa. Por exemplo, o controle de qualidade dos nossos produtos químicos – sejam eles hormônios vegetais sejam os fármacos – envolve equipamentos como espectro da ressonância nuclear magnética, espectros de infra-vermelho que não temos na Microbiológica. Usa-se isto, talvez, seis vezes por ano. Então, contratamos o serviço da universidade. Infelizmente, a universidade não estava sabendo absorver bem isso.*

*Nós achávamos que devíamos pagar royalties à universidade, o que ela devia, de uma forma ou de outra, lucrar com isto: a universidade como conjuntura universitária e o técnico que está investindo seu tempo naquela análise. Este é um casamento perfeito, porque a universidade precisa*

*desse equipamento líder, de fronteira. A empresa privada, até vir a encestar um equipamento desses, precisa se tornar uma Union Carbide ou Dupont, do que a Microbiológica está "um pouquinho" atrás.*

Antônio Sérgio de Oliveira  
(UEL)

Primeiro quero parabenizar a Microbiológica por esta coragem de sair da universidade, entrar no mercado e ter todo este sucesso. Sem sombra de dúvida, é importantíssima a interação universidade-institutos de pesquisa-empresas (em especial pequenas e micro, que estão entrando no mercado brasileiro e tornando a coisa nossa). Só quero chamar a atenção para uma experiência nossa de, estando na universidade, tentar sair e criar uma empresa como a Microbiológica, sentindo alguma dificuldade na interação com as entidades de desenvolvimento do país. Acho que é fácil, muitas vezes, a interação universidade-empresa no desenvolvimento. Mas, na hora em que se tem um produto sem colocação no mercado, sem um potencial de segurança por parte do país e principalmente dos bancos de desenvolvimento, aí se tem o ponto crítico. Tivemos uma experiência desagradável no Paraná, infelizmente: em 1975, quando um grupo da UEL tinha alguma coisa desenvolvida na área de rim artificial e produtos para laboratório (muito semelhante aos da Microbiológica no setor de medicultura e kits), tentamos viabilizar esta tecnologia saindo da universidade, integrando-a à empresa, tentando industrializar e colocar no mercado. O grande problema, que em 1979 culminou com a desativação desta empresa e o retorno dos elementos à universidade (sendo que os produtos até hoje são importados, ou seja, o país perdeu muito), foi na interação com o banco de desenvolvimento. Ele se colocou somente como agente financeiro, repassador de um dinheiro sobre o qual teria que auferir determinado lucro, esquecendo-se da parte de desenvolvimento. Então acho este seminário fundamental, pois é onde se coloca em contato pesquisadores, empresários e agentes financeiros. Nenhuma empresa conseguirá se desenvolver, lançar um produto novo com base na pesquisa — seja de universidade seja de instituto —, sem ter o apoio efetivo dos agentes financeiros.

Percy Ronald Blitzkow  
(CITPAR)

Realmente nos deparamos com algumas imperfeições da nossa legislação. É preciso reunir subsídios para que haja uma maturação da mentalidade. Temos procurado agilizar internamente o banco. Conseguimos, no segundo semestre de 1985, reduzir em 40% o tempo médio de demora entre o pedido e a liberação do recurso. Mas o aspecto legal, formal, de apresentação de garantias, certidões, faz parte de um processo jurídico que transcende um pouco a decisão interna do órgão. Hoje, estamos dando enfoque diferente à garantia. Até há pouco tempo, um contrato tinha que ser respaldado em garantias reais, independentemente da capacidade empresarial ou gerencial ou tecnológica. Hoje, o enfoque na análise do projeto já é diferente: em primeiro plano vem a capacidade gerencial, tecnológica, que é mais importante para o sucesso do empreendimento do que a garantia real. Mas não se pode fugir do problema legal da contratação. Então, estamos imaginando que, a partir de propostas sérias — como as que deverão sair deste conclave — se possa redirecionar um pouco. Quando um profissional, ao sair da universidade, da pós-graduação, tem um potencial maravilhoso para desenvolver um projeto, mas não tem garantias, é uma pessoa que está à margem do processo porque não pode dispor de garantias reais. Então, acho

que o governo tem que apostar, correr o risco e às vezes até dividir o insucesso. Mas temos que criar condições para que este profissional – a exemplo do que a Microbiológica fez –, mesmo sem garantias reais, tenha seu potencial valendo como tal. Gostaria de deixar esta preocupação para que, nos grupos de trabalho, se atente para o detalhe de que não temos mecanismos que agilizem o processo de apoio, se não houver maneira de contornar aqueles aspectos legais. Talvez possamos conseguir soluções, partindo do debate, para que o cientista, o técnico, possa receber apoio financeiro sem todo aquele aparato necessário das garantias reais.

Ramiro Wahrhaftig

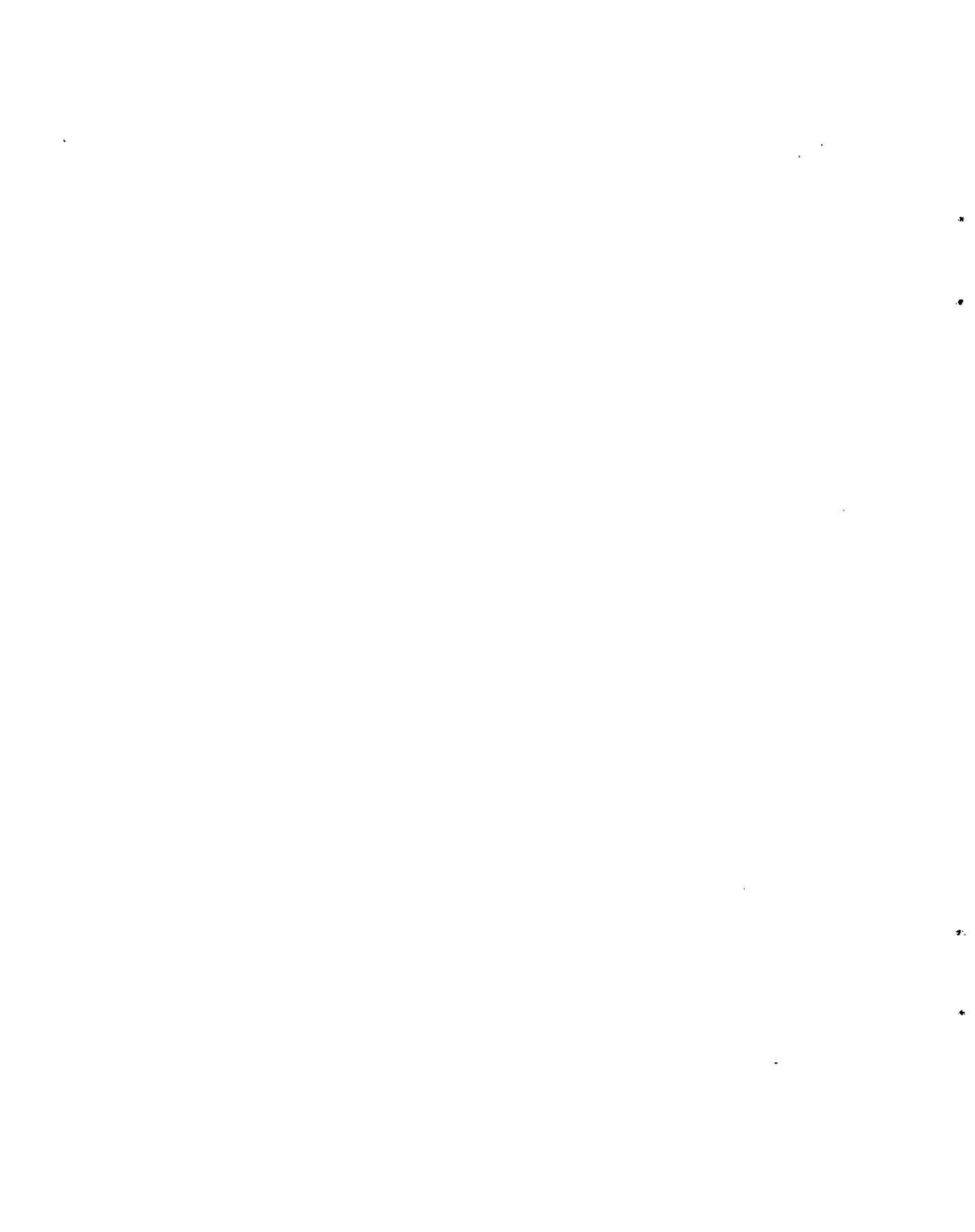
Como os outros debatedores, gostaria de parabenizar o dr. Leon pela iniciativa da Microbiológica, sobre a qual todos nós temos, mais ou menos, conhecimento de como é hoje e de sua importância para o desenvolvimento da tecnologia nacional. Ficaram claras as dificuldades que temos na formação de recursos humanos e em pesquisa básica dentro da universidade. Por outro lado, o que está acontecendo, especialmente nas áreas de tecnologia de ponta, é que nossos melhores profissionais – como na biotecnologia e na informática – estão saindo da universidade – portanto, deixando de formar recursos humanos – e formando pequenas ou microempresas, para dar um passo à frente no desenvolvimento tecnológico. Aí acho que ocorre uma pequena distorção. Primeiro, na formação de recursos humanos: é claro que o senhor, um PhD, formado, se sai da universidade (mesmo que esteja em contato com ela em tempo parcial) e monta uma empresa, há uma perda para a universidade. Por outro lado, o senhor tem algumas facilidades que, normalmente, o empresário médio, comum, não tem. Primeiro, o senhor conhece perfeitamente a estrutura da universidade, sabe como pode desenvolver pesquisas, que caminhos busca. Inclusive, na seqüência normal de mestrado e doutoramento, o senhor pode incentivar orientados seus ou de outros professores a desenvolverem produtos do interesse da sua empresa. É claro que o senhor está financiando isto, mas indiretamente, na maioria das vezes. Até acredito que, em questões específicas, a Microbiológica vai à UFRJ e contrata. Mas, indiretamente, o senhor está absorvendo um volume muito maior de acervo intelectual do que, normalmente, uma empresa tem. Porque ela não tem a mesma penetração dentro do meio acadêmico, universitário. É uma preocupação que tenho: acho que esta distorção deve ser, dentro do possível, evitada. Se hoje temos deficiências terríveis na formação de recursos humanos, futuramente talvez esta distorção nos leve a ter ainda mais.

Wilson Leon

*Seria ridículo eu tentar responder. Posso usar aquela expressão coloquial de "faço minhas as suas palavras". Agora, há algumas saídas. Uma delas é a política do governo na formação de recursos humanos. Antonio Paes de Carvalho fez um estudo muito interessante, mostrando que temos que agilizar a formação acadêmica de mestres e doutores. Temos que formar muita gente de qualidade, rapidamente. Mandar este pessoal para fora, para se atualizar, e importar técnicos que formem gente aqui dentro. Isto depende de uma política. Agora, a questão salarial – por que muita gente da informática saiu? – é questão da lei da oferta e da procura. O sujeito teve mais condições de viver fora da universidade do que nela. Nós viemos de um achatamento*

salarial, todo mundo sabe disto. Agora, maneira de conciliação será o dia em que as universidades abrirem um pouco a guarda. A UFRJ é extremamente rígida no que toca a receber dinheiro de empresas: não gosta. A política do atual reitor é esta. A UFRJ está comprometida de tal forma com coisas do governo que a presença da empresa particular na universidade contraria o espírito da atual administração. Como a UFRJ tem autonomia, fica um pouco difícil de colocar isto. Agora, todos sabemos que inclusive universidades brasileiras já estão sendo, em parte, financiadas por empresas privadas. Por exemplo, o meu laboratório na universidade é financiado pela IBM. Sem ser patriótica, encontrou assim a maneira de fugir de seu imposto de renda: dando verba para o desenvolvimento de uma pesquisa que acha interessante. Com isto, mostra que está mais ligada ao país, esta coisa toda. Quanto ao que o senhor falou, obviamente tem toda razão. Agora, fazer isto não vai ser da noite para o dia. A formação de recursos humanos terá que ser feita lenta e gradualmente. Para atrair pesquisadores a si, a universidade tem que ter tal jogo de cintura para criar atrativos, porque sempre a empresa privada pagará mais. Se ele receber o mínimo com dignidade, a própria carreira é tão fantástica e atraente que sua tendência será se desenvolver dentro da universidade. É uma atividade intelectual. A vida do cientista, do pesquisador, é muito intelectual. E a vida intelectual é gratificante. No momento em que se criar uma política para favorecer a presença do pesquisador na universidade, e desde que se dê condições salariais com dignidade, ele se sentirá atraído. Mas é questão de tempo, sem dúvida de médio prazo para cima.





# BIOTECNOLOGIA: ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO E PERSPECTIVAS INTERNACIONAIS

Conferencista

*José Maria Silveira*

Professor da UNICAMP

Debatedor

Presidente da Mesa  
*Gonçalo S. de Farias*

Coordenador Regional do IAPAR

*Luiz Antonio Barreto de Castro*

Coordenador do Grupo Técnico de Biotecnologia do PADCT  
e pesquisador do CENARGEN da EMBRAPA

O tema que me arranjaram é extremamente espinhoso e vou me basear fundamentalmente no livro *Biotecnologia, seus impactos, no setor industrial*, de Cassiolato, 1985. Digo que o tema é espinhoso porque, quando a gente quer delimitar impactos e perspectivas da biotecnologia, sendo economista como eu, sempre se procura evidenciar algum núcleo dinâmico, algum tipo de encadeamento entre setores ou transformações, reordenações na estrutura industrial. Ou então transformações no uso de matérias-primas, na ligação entre elas e a indústria, na própria transformação e importância do setor agropecuário nos diversos países, na linha internacional e impactos no comércio internacional. No caso da biotecnologia, as limitações são, muitas delas, relacionadas ao tipo de estrutura de mercado e competição em que ela poderia interferir. Há também uma série de limitações no desenvolvimento tecnológico e do conhecimento científico básico, que fazem com que o panorama de impacto da biotecnologia não esteja claramente definido. Dificilmente eu vou poder quantificar e medir este impacto, tendo, então, que trabalhar em torno de algumas evidências e conformações que vão ocorrendo na estrutura econômica internacional, que indicam que a biotecnologia tem relevância — o que já é um primeiro ponto significativo. Ela não tem, e não terá nos próximos anos, o impacto que a informática tem sobre a organização industrial, em nível internacional, e sobre a criação de novas frentes de consumo, sobre a possibilidade de mudança de processos de controle de produtos. Mas ficou evidente que ela tem importância. Assim, o primeiro ponto é este: a biotecnologia vai, possivelmente, causar impactos.

Penso, ao falar assim, naquela biotecnologia capaz de afetar profundamente setores industriais. Existe também um tipo muito importante de biotecnologia, que é uma espécie de continuidade com os processos tradicionais e fermentativos que foram abandonados e pouco desenvolvidos em função do grande progresso da indústria química, depois da II Grande Guerra. Estes processos fermentativos estão sendo retomados e geram uma série de produtos novos, capazes de interferir na organização do mercado e, principalmente, no setor agropecuário, imediatamente. Neste caso, não está fechada a possibilidade de a biotecnologia de fronteiras também vir a interferir neste processo. Assim, o que caracteriza hoje a biotecnologia é exatamente esta diversidade de situações, de impactos possíveis. Posso pensar em biotecnologia,

hoje, através de uma série de problemas na indústria de inoculantes: do mercado ao nível de utilização, passando pela qualidade de produtos, seu melhoramento e problemas de esterilização de turfa. Tem-se também uma série de problemas, de natureza estritamente científica, como é o caso, por exemplo, da produção de uma vacina com DNA recombinante ou então pela via da síntese química polipeptídica. Nestes dois casos tem-se uma diferença muito grande de situações, mas todas relacionadas a um mesmo objeto de conhecimento — que é exatamente, o desenvolvimento da biologia — fundado basicamente no desenvolvimento da biologia molecular, da enzimologia e da genética microbiana. E, com muito mais dificuldade, o que vai ser a provocação para o dr. Barreto, em se tratando da genética de plantas — conhecer meios para o controle e desenvolvimento da diferenciação entre as plantas, o que é muito mais complexo e coloca, para a biotecnologia, um horizonte mais distante ainda.

Quando começaram a aparecer as pequenas firmas de biotecnologia, gerou-se um raciocínio — meio imediatista, que sempre aparece — de que a natureza da biotecnologia seria, exatamente, a de descentralizar estruturas produtivas. E vários exemplos de pequenas empresas que têm algum sucesso em biotecnologia, produzindo produtos que, inclusive, competem com velhas indústrias (estas oligopolizadas, mas sem dinamismo tecnológico), poderiam deixar mais ou menos a impressão de que a biotecnologia criaria um espaço para a reorganização descentralizada do sistema econômico. É muito a gosto, inclusive do pessoal aqui do Paraná, que tem enfatizado isto e tem razão em procurar esse tipo de visão, mas as evidências têm caminhado um pouco noutro sentido, exatamente contrário. Uma base teórica para este raciocínio é, primeiro, que existe, por parte das empresas multinacionais do setor químico, petroquímico e farmacêutico, um conjunto de fatores que as capacita fundamentalmente para participar ativamente do desenvolvimento tecnológico futuro. Um pouco disto vem da estratégia defensiva que estas empresas passaram a tomar, percebendo que o padrão que estavam desenvolvendo, apoiadas amplamente no encadeamento petroquímico (padrão todo originado da matéria-prima do petróleo, barata, segura), é um processo que foi progressivamente perdendo o dinamismo tecnológico. Isto só foi entendido pelos economistas já no meio da década de 70, e como crise tecnológica, não apenas de natureza financeira, ou motivada apenas pelo choque do petróleo. Se bem que o choque do petróleo rebate em toda a estrutura produtiva da indústria química.

Esse processo de esgotamento veio pegar a indústria química muito afastada dos avanços biológicos, principalmente em relação a fermentações. Em alguns de seus ramos, a indústria química dependia essencialmente do conhecimento científico. Em parte dela — no caso de defensivos agrícolas, agroquímicos e farmacêuticos —, o tipo de processo de seleção e lançamento de novos produtos estava carecendo (para a continuidade, para que seus custos não se elevassem) de uma nova base científica. Isto está mais ou menos claro, foi constatado a partir de várias observações. Pessoalmente, conversei com um gerente de pesquisas da Rhodia, vindo da França. Ele mostrava claramente que os processos de *screening* (para os quais a universidade não tem capacitação alguma) eram responsáveis pela elevação do custo dos produtos obtidos por esta via. Esse tipo de indústria, onde o processo competitivo depende fundamentalmente de lançar novos produtos, passou a sentir-se ameaçado com a emergência das novas firmas de biotecnologia e com as responsabilidades de mudança da base técnica — no sentido de que ela fosse profunda e causasse reorganização

na estrutura de competição dos oligópolios internacionais. Algum tipo de ramo da indústria química, como o de fertilizantes vai ser abalado fundamentalmente pela via biológica, mas dificilmente por dentro. Ele não tem, em si, uma capacitação de desenvolvimento tecnológico que tenha uma certa proximidade com a biologia. Enquanto isso, nas indústrias de defensivos e especialmente a farmacêutica — que tem uma parte de seus processos relacionada ao desenvolvimento biológico —, passa a ver a possibilidade de criar nos departamentos de pesquisa e desenvolvimento, condições de apropriação do conhecimento gerado pelas universidades e pelas pequenas firmas de biotecnologia — de alto teor de conteúdo científico e tecnológico.

Aspecto interessante mostrado pelo pesquisador da Rhodia foram as mudanças do tipo de processos de geração de novos produtos. Por exemplo, quem tem puxado a indústria de defensivos diversificou e se expandiu muito mais em herbicidas do que em inseticidas e fungicidas. No caso dos inseticidas, foram lançados também alguns produtos que têm uma grande proximidade biológica — no caso, o grupo dos piretróides. A indústria de antibióticos foi capaz de lançar cefalosporinas que, obtidas por via biológica, ainda através do *screening*, geraram uma onda subsequente de inovações que garante a ela uma terceira geração.

Existe, do ponto de vista do conhecimento científico e da organização de pesquisa, por parte dessas grandes empresas internacionais que estão amparadas na indústria química e farmacêutica, a possibilidade de estabelecer uma série de contratos tecnológicos de variado grau e tipo (*joint-ventures*, acordos tecnológicos, participação em ações). Isto fez com que elas tenham a possibilidade de se apropriar não só do conhecimento que geram internamente como, também, do conhecimento gerado nas universidades e nas pequenas firmas — que geralmente têm matriz nos professores universitários. Isto também pode ser entendido pelo lado das pequenas empresas. Com a euforia de que a engenharia genética geraria rupturas muito profundas nesses processos, estas empresas passaram a achar que teriam resultados muito mais cedo do que realmente vão obter. Você tem, por exemplo, a Genentech programando, hoje, faturamento de US\$ 1 bilhão para 1990, com o lançamento de produtos que foram aprovados pela FDA, interleukin e interferon, e se ligando a grandes empresas, nesse tipo de contrato, no caso Hoffman La Roche, para comercialização. Uma pequena empresa de biotecnologia sempre vai sofrer dois tipos de constrangimento: primeiro, no volume de fundos necessário para manter este tipo de pesquisa. Há imprevisibilidade dos resultados, não só em função do bom ou mau desenvolvimento do projeto, mas porque alguns gargalos científicos vão aparecer depois, e isto tem que ser colocado em termos de uma série de acordos. Principalmente, as perspectivas de retorno fazem com que elas tenham que ser amparadas financeiramente pelas grandes empresas. Por outro lado, existe uma idéia complementar à possibilidade de apropriação do conteúdo tecnológico pelas grandes corporações internacionais: a de cumulatividade. É a idéia de que alguns avanços tecnológicos são consolidados através do *marketing* — que não, necessariamente, pode dizer que o progresso é adequado ou não para a situação de um determinado país, mas que acaba permitindo que esta empresa crie, uma própria agricultura, uma dinâmica que é do seu interesse. Bom, existem exemplos escatológicos e outros mais sutis. Existem exemplos do plasmídeo suicida em *Rhizobium* — que seria o interesse de você vender o produto todo ano. Há o exemplo de privilegiar o *Bacillus turingensis* em vez do *Bacillus popillidei*, em função também do problema da produção de toxinas e da necessidade de você ter um fluxo de reaplicação do produto. Sempre existe este tipo de colocação. Mas existe também

a colocação mais relacionada a *marketing*, que é o poder de vendas e penetração que essas empresas têm, fazendo com que o processo de diferenciação do produto seja o próprio processo de difusão de tecnologias.

Isto, no Estado de SP, por exemplo, é brutal. Ali, a extensão rural atingiu o grau de maior inutilidade possível e é onde o CATI mostra que o setor público tem realmente que passar por uma reorganização profunda, nestes casos. Realmente, a proposta deles se tornou redundante, nunca foi de extensão rural e ficou repetitiva diante do grande aprimoramento dos setores de fomento feito pelas próprias indústrias, coladas com um dinamismo de diferenciação de produtos que o processo competitivo lhes dá. Vai colar isto com a própria capacitação que têm na área biológica. Coloco já, para o Barreto ir pensando, esta questão: até onde o conhecimento científico básico está sendo determinado pelas exigências de uma pauta de gargalos que vai sendo colocada cada vez que você tenta, através do domínio de uma tecnologia que já é sofisticada, fazer um avanço considerável na obtenção de novos produtos e processos? O caso-exemplo é a engenharia genética. A tecnologia de engenharia genética já está sendo chamada de tecnologia. A impressão que a palavra dá é de treinamento de mestrandos, de alto conteúdo de conhecimento, com gente de nível muito elevado, boa formação. Mas que você treina estas pessoas para fazer recombinantes. Para, usando determinada tecnologia — que é conhecida, é mapeada, baseada em banco de plasmídeo, em veículos de expressão conhecidos —, conseguir fazer com que estes mestrandos consigam produzir novos recombinantes. Por trás disto existe todo o problema dos veículos de expressão e as causas de por que aquilo que você espera não deu resultado. Acho que o exemplo mais claro, que mostra bem tudo o que estou falando, é o caso da febre aftosa. Ela é fundamentalmente um problema do Cone Sul em termos mundiais — em alguns países europeus, França, Dinamarca, houve um surto no início desta década. Não é mais um problema na América do Norte e Central, por força de um processo histórico de erradicação da doença pela força e brutalidade. Não é um problema do México — os EUA foram lá e o resolveram no tapa para eles — e não o é dos EUA. Então empresas como a Pfizer, que tem ampla penetração no mercado americano de quimioterápicos, tem no Brasil, fundamentalmente, uma preocupação de mandar, por exemplo, um dos principais pesquisadores em febre aftosa do mundo para aqui para o Brasil, instalar laboratório de pesquisas. Neste caso de febre aftosa ficou mais ou menos claro que, na perspectiva que existia de conseguir um novo produto, uma vacina de subunidade, que não tivesse qualquer problema de contaminação; que não tivesse os inconvenientes à estrutura industrial que ainda são colocados pela vacina obtida por cultura de tecidos. Por exemplo, outro tipo de problema que é sempre recorrente é a escala de produção. No caso de cultura de tecidos animais se tem notado isto: fazer tanques de fermentação além de um certo tamanho, começa a piorar a qualidade do antígeno obtido. . . Enfim, a esperança de que a vacina de DNA recombinante primeiro vencesse toda a etapa que foi a briga para transformar a produção de vacinas pelos métodos convencionais — usando epitélios — em métodos de cultura de tecido, pulando por ela, existiu a partir do modelo da Genentech e de suas patentes e também, em outra linha, das pesquisas feitas pela Scrips Clinical e pela Fundação Wellcome, associadas à Pirbright. Surgiu a possibilidade de uma vacina de DNA recombinante.

O que estava colocado para eles não foi o que se difundiu por aí, de que o problema da vacina de DNA recombinante estava na existência do tipo O, A, C e 57 subtipos diferentes, sorológicos, que vão causar uma inefetividade do produto. A inefetividade da vacina estava exatamente na dificuldade de reproduzir, pela via da engenharia genética, os epítopos,

os sítios antigênicos capazes de ser determinantes imunológicos não apenas causadores de resposta do anticorpo mas também ativadores de todo o sistema imunológico para produção de anticorpos. E os testes realizados em Plum Island, nos EUA — com toda a dificuldade que é fazer uma vacina de DNA recombinante de aftosa, mexer com o vírus aftoso nos EUA, com toda a série de proibições —, mostraram que a vacina não era efetiva, nem economicamente viável.

Todo esse processo colocou a necessidade de se entender melhor o vírus, a configuração da estrutura do capsídio viral. Colocou para trás problemas de pesquisas que já estavam sendo feitas, mas existia muito a idéia de que se poderia passar ao largo deste problema. Esses problemas foram recolocados para a pesquisa básica que está agora, já através de técnicas extremamente sofisticadas — que vão da estrutura terciária para a proteína viral — fazendo novos estudos que talvez consigam permitir a chegada a uma vacina de subunidade no futuro. Esse tipo de situação coloca, para a biotecnologia, uma ligação muito forte entre seu conteúdo científico e tecnológico. Também na área de *screening*, na de engenharia bioquímica, há uma série de problemas. Uma porção de avanços na engenharia bioquímica, que poderiam ser feitos em processo fermentativos, também vão sofrer delimitações da manipulação dos organismos biológicos, problemas de escala e de *design* que têm de ser aperfeiçoados e que foram, de certa forma, em vários países deixados para trás, em função da própria organização do sistema da indústria química — que privilegiou muito mais a extremamente econômica árvore de produtos originados do petróleo.

Bom, esses impactos da biotecnologia são por demais variados. Por mais que se tenha a apropriabilidade, a cumulatividade favorecendo as grandes multinacionais, nada indica que se tenha, hoje, capacidade de definir um padrão de reorganização claro para essas indústrias. Qual será o futuro da indústria química? Eu sei que ela está se defendendo, fazendo uma série de acordos que antes não fazia. No caso, o acordo mais vulgarmente anunciado é entre grandes empresas e pequenas empresas altamente capacitadas. Há “n” tipos de acordo, na área de saúde, de agroquímicos. Pode-se, com isto, ter rotas de convergências tecnológica que acabem apontando para, por exemplo, um tipo de solução tecnológica que não está passando pela consideração de ser apropriada ou não. Vê-se claramente a rota que pode surgir no reforço de agroquímicos, usando a cultura de tecido num primeiro momento e o próprio DNA recombinante no momento em que se tiver resolvido, ou já se puder manipular de várias formas, uma série de problemas colocados por biotecnologia vegetal. Neste caso, vê-se tipicamente que empresas como a Monsanto — exemplo mais difundido — fazem uma série de acordos com pequenas empresas para pesquisas, ao tempo em que mantêm seus próprios centros de pesquisa. Uma empresa destas compra empresa de sementes, criando não só a possibilidade de difundir rapidamente um novo produto no momento em que consiga lançá-lo no mercado, como também faz com que haja uma rede de testes para que este produto seja lançado. No caso da agricultura, é um ponto de estrangulamento. Não tendo esta rede de testes — que não é *science basic*, não é fundamentalmente científico mas é extremamente custoso e problemático —, não se consegue lançar um produto no mercado. Então essas empresas fazem este tipo de acordo.

Existe, no caso do Japão, uma particularidade neste processo. Ele é puro, em razão do tipo de desenvolvimento. Primeiro, o desenvolvimento japonês é mais aprimorado na tecnologia de fermentações, principalmente para a produção de especialidades. Segundo, a natureza do capital financeiro japonês, de elevado grau de conglomeração, fez com que os contratos

do Japão fossem feitos com empresas européias e norte-americanas, sem colocar em risco seus mercados. Também apareceu uma série de cooperações para bio-reatores; produção de aminoácidos e aditivos, entre empresas do Japão. Caracteriza-se aí um sistema que torna mais claro a forma de potencializar a mudança. Praticamente, quero dizer que existe uma série de brechas de conteúdo tecnológico, científico, do tipo de produto que inclusive pode sair fora da estrutura oligopolizada, abrindo novos mercados. Existem brechas, mas não se pode partir da ilusão de que em vários setores não se tenha um processo amparado pelo Estado, de forma que o Estado está se vendo como Estado nacional e fazendo uma política defensiva em relação a outros estados. Tem reforçado não as pequenas empresas, mas sim as grandes empresas internacionais

Uma das tendências da indústria química, na recente mudança técnica, é se livrar de algumas indústrias petrolíferas mais deficitárias, que daí são nacionalizadas. O exemplo francês é um pouco perigoso, porque muitas destas nacionalizações vão se livrar destas empresas deficitárias. De 1980 a 1985 foram gastos US\$ 100 milhões em pesquisa.

O estreitamento existente, por exemplo, no caso de vacinas, entre Roger Belon — competidor —, os laboratórios Merieux, a Rhone-Poulinc e o Instituto Pasteur, no desenvolvimento de uma série de técnicas de diagnósticos e de produção de vacinas, mostrou que realmente, e amparado pelo Estado, este processo está se consolidando. No caso de vacinas anti-aftosa isto está basicamente nítido, ou seja: a Genentech, nos EUA, associada à American Cy, com apoio em Plum Island; a Welcome, ligada à Pinbricht e que aí foi comprada pela Imperial Chemical — que simplesmente transforma a Welcome Foundation, uma divisão que não era pequena, mas sim a maior empresa de insumos biológicos da Europa. Então não existem, aí, barreiras, mas simplesmente a tentativa de manter o dinamismo tecnológico. Inexiste barreira para uma firma como a Imperial Chemical — ela anexa a Welcome e a cria dentro a Copers, a divisão de produtos biológicos, quando também já tem desenvolvida a parte de agroquímicos que, de certa forma, pode se beneficiar dos conhecimentos obtidos em engenharia genética. Na França há toda esta associação: Roger Belon, na parte de fermentações e processos de concentrações de vacinas, Merieux, no desenvolvimento da cultura de tecidos, além do Instituto Pasteur, na parte de diagnósticos, entrando a Rhone-Poulinc com toda a rede de distribuição e a penetração em mercados como o Brasil.

Outro exemplo que reforça esta idéia foi que o grupo Solvay, petroquímico, compra a Salzbury — maior empresa de vacinas aviárias do mundo, que estava de certa forma decadente nos EUA e, em 1984, instala uma planta gigantesca em Campinas para a produção de toda a linha de vacinas aviárias. Planta tão moderna que a coloca anos à frente de todas as empresas nacionais — no caso, a Biovete e CBM. Soma-se a isto, o potencial da pesquisa da Solvay, ligada a grupos franceses de pesquisa em engenharia genética. Os exemplos vão se tornando múltiplos. Alguns acordos não vão dando certo — por exemplo, a Biogen desiste da pesquisa com vacinas anti-aftosas, mas o grau de abertura e as possibilidades da biotecnologia fazem com que uma série de pesquisas vão sendo procuradas, permitindo que esse processo tenha continuidade, não se esgote no tempo.

O que eu não tenho claro é que esses processos mexem na estrutura do complexo químico. Evidentemente, a estrutura do complexo químico vai ter de ser mudada e tudo aponta para a biotecnologia. Vai ser mudada em prôpor 2020. Esta queda nos preços do petróleo, desestimulante para uma série de projetos alternativos (e catastrófica para uma série de países),

realmente não representa uma tendência, mas um desacerto momentâneo. Não se pode prever que vá, do ponto de vista da estratégia das empresas, fazer com que elas se guiem por isto, que revertam dos seus processos em funções deste fato. Estou dando um pouco de ênfase a este negócio da indústria química porque ela tem um peso enorme. As matérias-primas são importantíssimas e têm peso enorme em toda a cadeia de produtos subsequentes. Evidentemente, a engenharia genética e a biotecnologia podem influenciar, gerando uma série de produtos que estão atrás, estão lá em cima, são produtos intermediários em matérias-primas que, depois, serão processados em toda a cadeia.

Quero reforçar a pergunta ao Barreto, porque acho a questão extremamente difícil de se discutir: qual é o grau de capacitação científica que tem de ser internalizado no país. Isto para que ele possa, à medida que se capacitem determinadas tecnologias, vencer os gargalos que vão sendo postos à frente. Se não, acontece exatamente o que se observa com certos experimentos que não dão resultado, e daí um centro consegue dominar toda a tecnologia que está patenteada, pega o que está por trás da patente, cria novos veículos de expressão — diferentes dos criados pela Genentech —, produz novos resultados mas não tem força de articulação para gerar um produto, ou para continuar neste tipo de pesquisa, quando ela não dá resultado. Não dá, pelo menos, o resultado comercial que oferecia, por exemplo, para uma empresa como a Irfa ou como a Nolli, (que era nacional e foi comprada pela Bayer). Agora, a Bayer entra no RS em vacinas. Já estão pesquisando a Azoospirillum, sondas moleculares, uma série de tecnologias que são extremamente abertas. Existe possibilidade de se aliar em vários campos. Como trabalhar com isto, como fazer pesquisa básica de forma a vencer certos gargalos que vão aparecendo? E qual é, a dimensão desse processo? Em último caso, como é que fica, progressivamente, o tipo de relação com as universidades do exterior que, negavelmente, são a base matriz deste conhecimento? Voltando ao caso da aftosa, a Welcome Foundation tem toda a responsabilidade pela difusão da tecnologia de cultura de células em BHK. E o processo fundamental que se dá aí é levar pessoal: abre uma empresa, um pesquisador da Welcome vai para lá. Abre outra empresa, tira outro pesquisador. Quer dizer: praticamente, são recursos humanos que vão criando este tipo de capacitação. Não se consegue, aí, impedir que isto ocorra e nem eles querem, não precisam disto. Poderia surgir, por exemplo, um patenteamento em células BHK, mas, nestes casos, esta não é a questão principal. Patenteamento está sendo colocado, agora, como interesse de diversas firmas médias e pequenas. Dr. Ney B. Araújo, da Agrocerec, não está aqui, mas tenho a impressão que ele defenderia a patente, hoje. Um processo de patenteamento que lhe permita defender os avanços que terá à frente, porque ele sabe que, mais do que ele, quem precisa menos disto são grandes empresas, com possibilidades de verticalização. A pergunta que fiz ao Dr. Peter Seelig, num seminário há pouco tempo atrás, estava mais ou menos aberta, por que toda a argumentação dele me deixava muito claro qual era o objetivo. Ou seja: como estava se inserindo a cultura de tecidos no interior da estratégia da Bioplanta, que é exatamente obter formas de verticalização, garantindo, pelas mudanças que vão sendo introduzidas, a qualidade de seu produto no fim. Isto é típico das empresas, é estratégia usada há muito tempo e que, aí, vai ter uma base, um dinamismo tecnológico. Então algumas pequenas empresas nacionais, quando conseguem avanços e descobertas, vão ter menos poder de fazer isto do que algumas grandes empresas internacionais. Não estou fazendo comparação estrita no caso Agrocerec-Bioplanta, porque também a gente fica num universo



extremamente reduzido, que é o da biotecnologia no Brasil. Ainda é um universo extremamente reduzido para que se possa tirar lições de estratégia empresarial. É muito complicado fazer isto hoje, no Brasil, tendo a Biobrás, a Microbiológica, a Biomatriz (que é da Agroceres) e a Bioplanta, e se percebendo que a engenharia genética é um tema de algumas indústrias de vacinas, grande parte delas pertencente a grandes empresas internacionais. Toda esta pesquisa em engenharia genética resultou numa tentativa de mudar os métodos de controle de qualidade. Se você conseguir não uma vacina de DNA recombinante, mas conseguir não ter que manter uma rede de animais extremamente sensíveis por todo o RS, com custo altíssimo e riscos muito elevados nas análises — com a seca, os animais passaram a ser passíveis de reações imprevisíveis às vacinas produzidas pelas empresas, por exemplo —, você consegue, pela via do aprimoramento bioquímico, pela difusão de ultracentrífugas, pelo manejo dos métodos de análise de partícula viral — se este método tiver uma relação segura com a efetividade da vacina —, que você simplesmente vai causar um aumento enorme de economicidade nas empresas de vacina. Isto porque você simplesmente pula um controle de qualidade que faz com que o giro de capital fique extremamente lento. Vai ter uma economia muito grande neste processo.

Então você, evidentemente, está se encaminhando para a frente, mas nós temos que admitir que a fragilidade da biotecnologia brasileira salta aos olhos. Existe uma grande empresa estatal, a EMBRAPA, na área de agricultura, agora começando com a pecuária mas que, neste setor, não tem tradição em pesquisa, apenas alguns grupos isolados e grande desarticulação em saúde animal. Existe esta empresa, com potencial muito grande de fazer biotecnologia. Na área farmacêutica há algumas empresas. E há hoje, dentro do país, grandes empresas internacionais para quem — em alguns casos — o Brasil é um dos mercados preferenciais. Não é um país marginal que está sendo olhado pela fresta como os do Terceiro Mundo. Não. É o caso, por exemplo, de produtos de saúde animal, com toda a doença animal que existe no país, com todo o descalabro que é a rede de levantamento epidemiológico e de controle de qualidade de produtos. Com toda a brutal fragilidade que é o setor de saúde animal no Brasil, você tem o terceiro mercado mundial de produtos de saúde animal. É o terceiro mercado mundial de quimioterápicos, atrás apenas dos EUA e do Japão. (Surpreendente é o Japão, grande produtor de suínos e aves). É no caso de febre aftosa, que puxa um padrão de competição que o torna mais ou menos semelhante — em dimensão um pouco menor — à indústria de sementes (existe um volume de negócios que cria um padrão oligopólico agressivo entre empresas), o grande mercado está no Brasil, na Argentina e no Uruguai.

O último aspecto é que, evidentemente, a biotecnologia — para reforçar a idéia de que não dá um padrão claramente definido de apropriabilidade, cumulatividade, concentração, mudança, reorganização da indústria química ou farmacêutica — apenas aponta para alguns tipos de reorganização. É o caso, por exemplo, do que fazer se a vacina de DNA recombinante fosse estritamente efetiva, se tivesse o poder de, em pouco tempo, eliminar a doença. Isto, quando se tem que, dos nove ou dez laboratórios nacionais que trabalham com aftosa, sete que montaram plantas, aumentaram recentemente sua capacidade produtiva. Mas todos trabalham com capacidade ociosa em torno de 50% a 70%, embora seja difícil falar em capacidade ociosa neste tipo de indústria. Eles poderiam, se o mercado se ampliasse, produzir mais, com todos os problemas de não se ter rendimento em escala. O que acontecerá se um programa de vacina

oleosa funcionar no RS e erradicar a doença lá? De que jeito ficarão estas empresas? A biotecnologia está sempre colocando estas questões. O tipo de tecnologia que vai surgindo cria este problema, também existente na indústria de biofertilizantes, de fixação de nitrogênio, de produção de inoculantes. Temos tido exemplos que nos levam realmente a ser simpáticos, a criar uma política de brechas. No sentido de que, no controle do pulgão – inimigo do trigo, natural –, você tem eliminação do uso de agrotóxicos na cultura do produto e certos inseticidas organofosfatados que causavam problemas graves na aplicação dos aplicadores e dos inimigos naturais das pragas. É uma tecnologia difundida pelo Estado que, realmente, tem impactos sobre o setor agroquímico. Como também, no caso da soja no Brasil, a expansão se deu, desde o início, sem este mercado de fertilizantes. Assim, pode existir uma pauta de avanços tecnológicos que sejam feitos por aí. Vão conviver com o poder e o dinamismo tecnológico de rotas do tipo sinergismo ou do tipo sementes como vetores de agroquímicos, principalmente de herbicidas. E também vai convergir com o desenvolvimento do conhecimento da fisiologia vegetal, do processo de diferenciação, colocado muitas vezes como uma pauta da indústria, que está querendo entender o que seus herbicidas estão causando no processo de diferenciação celular. Isto permitirá uma dupla mão: por um lado, você entende os mecanismos de resistência, mas por outro eles podem lançar novos produtos, com o conhecimento destas rotas bioquímicas. Esta é uma das tendências.

Mesma coisa é a síntese química em vacinas, pois não se pode pensar num sentido só. O conhecimento da estrutura molecular pode permitir processos de síntese, que podem ser mais caros que processos de engenharia genética (DNA recombinante), mas que, dependendo do número de moléculas, pode ser viável. Há uma série de caminhos que podem ser percorridos e, evidentemente, nós notamos que as grandes empresas internacionais estrategicamente assumiram posições defensivas e estão usando seu poder financeiro e tecnológico para criar diversas formas de associação com empresas pequenas, que possivelmente lhes garantem uma apropriação futura desses resultados de pesquisa. Esta é a idéia central do que eu queria dizer.

*(Transcrito da conferência proferida).*

## Debate

Luiz Antonio Barreto  
de Castro

Como o objetivo deste seminário é colher subsídios para o estabelecimento de um plano de desenvolvimento da biotecnologia para o Estado do PR, quero, como debatedor, apresentar outras questões que me parecem muito pertinentes, um pouco em função de que tenho participado de alguns programas estaduais que estão sendo estabelecidos no Brasil. Antes de mais nada, acho a iniciativa extremamente válida, porque dificilmente a biotecnologia vai se desenvolver, no Brasil, de maneira global. Vai se desenvolver a partir de programas regionalizados, porque as dificuldades e os problemas, num país imenso como este, são regionais. Assim, é difícil estabelecer soluções nacionais, como se tem procurado fazer, para a biotecnologia. Mas noto que a tendência dos governos estaduais, sempre que procuram desenvolvimento numa determinada área — como a da biotecnologia — é, primeiro, de estabelecimento de um plano, um programa. Em mesa-redonda na UnB, num dia de recesso universitário (havia uns 50 alunos, o que prova que a biologia chegou ao mercado e por isto interessa a tante gente), um dos professores da mesa disse que os programas constituem, em geral, uma fina peça, trabalhada nos mínimos detalhes, mas que na hora em que tem que se encaixar numa máquina tem que entrar a martelo. A operacionalização dos programas é sempre mais difícil que a confecção. É relativamente fácil confeccionar programas e sempre mais difícil operacionalizá-los. Principalmente porque os temas são difíceis, uma área como esta se expande rapidamente, tornando praticamente impossível uma previsão de desenvolvimento. A biotecnologia tem 15 anos de idade. A história da engenharia genética, começou essencialmente em 1968-69. É interessante observar que, neste período, houve um avanço considerável. Queria apenas considerar que, entre o primeiro cruzamento que deu origem à variedade de trigo mais plantada na Inglaterra e a sua chegada ao mercado, se passaram exatamente 25 anos. Esta é a história da engenharia genética: 25 anos, mais ou menos de 1968 até agora. Mas, como dizia, a tendência é de sempre estabelecer programas antes de diretrizes. Acho as diretrizes extremamente importantes, e por isto vou colocar algumas questões. Antes de se colocar coisas no papel, é preciso ter algum encaminhamento para certas questões que existem e vão vir à tona na hora da operacionalização dos programas. Algumas questões, colocadas pelo José Maria, dizem respeito exatamente ao espaço que este país pode ocupar quanto à biotecnologia. Resumindo, parece que o Brasil, obviamente, não desenvolverá biotecnologia sem competência científica e tecnológica. Do meu ponto de vista, o Brasil não vai fazer as grandes descobertas da biologia, não vai responder às suas perguntas básicas ligadas a controle da expressão de gens, diferenciação celular, base molecular da cura do câncer, etc. . . Por mais otimista que a gente seja, tais perguntas não serão respondidas aqui, não por falta de inteligência ou competência, mas por falta de massa crítica de pesquisa no Brasil. Não há massa crítica de pesquisadores atuando nestas áreas básicas da biologia, como existe em outros países mais desenvolvidos. Por isso, o Brasil não vai responder a essas perguntas. Mas, se o Brasil depende, até para sua soberania econômica, do desenvolvimento tecnológico e científico — o presidente colocou isto em seu discurso na ONU, é uma coisa de consenso —, a gente se pergunta, então, como é que este desenvolvimento científico e tecnológico deve

ser processado. O Brasil tem um espaço extremamente importante, na área da ciência, para desenvolver e que dificilmente será abordado por outros países: é a ciência relacionada à biologia tropical. O fato de o Brasil estar numa região tropical nos coloca em posição bastante favorável para direcionar nosso desenvolvimento científico (e tecnológico como consequência) para respostas a estes problemas que existem na biologia tropical.

Lembro só de um fato interessante, que aconteceu há 25 ou 30 anos: a descoberta de uma via metabólica alternativa para a fotossíntese, na Austrália, justamente depois de Calvin ter ganhado o Nobel pela descoberta da via metabólica da fotossíntese. A Austrália descobriu o caminho alternativo exatamente por se situar numa região em que este fato veio à tona, no laboratório. Da mesma forma, entendo que a biologia tropical é o espaço que o Brasil pode e deve desenvolver, tanto científica quanto tecnologicamente. Isto nos coloca a seguinte questão: o desenvolvimento da biotecnologia vai depender de descobertas científicas? Como coloquei, as mais importantes descobertas não serão na área de biologia tropical. Mas há que fazer uma diferença, traçar uma fronteira entre descoberta científica e o desenvolvimento tecnológico. Esta talvez seja a razão que levou todas estas companhias que se dedicaram avidamente a comercializar um produto com base num certo conhecimento científico do processo — no caso da febre aftosa — a verdadeiramente não conseguir o seu objetivo. Em 1983 visitei a Universidade de Harvard e conversei com os virologistas que estão na fronteira do desenvolvimento da biologia molecular de vírus — não com febre aftosa, mas com reo-vírus. Perguntei-lhes se eles achavam que havia, de fato, suficiente alicerce científico para que pudesse lançar uma vacina para aftosa com DNA recombinante. A resposta foi que não havia, faltava conhecimento científico. E eles estavam desenvolvendo para um outro vírus, o que certamente vai ser preciso ser desenvolvido com o vírus da aftosa. Então, me parece que a gente, quando pensa num programa estadual, deve levar em consideração estes dois aspectos. É preciso não esquecer de alicerçar qualquer desenvolvimento tecnológico com suficiente informação científica básica. Do contrário, os riscos são bastante grandes. E o paralelo que quero traçar é exatamente este: qual é o futuro das instituições geradoras de ciência e tecnologia no país? Esta pergunta, qualquer comunidade deve se fazer no momento. Quando a biotecnologia se desenvolve, a gente deve perguntar isto: como ficará o futuro, diante do *boom* de interesses na área? Esta questão é fundamental e deve gerar diretrizes. Tenho defendido, já há alguns anos, a idéia de o Brasil estabelecer uma política para a área de biotecnologia. Agora parei de falar em “política para a biotecnologia”, porque disseram que estou querendo fazer uma Constituinte da biotecnologia. Não é isto. São diretrizes, normas básicas: como vai ficar a universidade diante desta situação, deste desenvolvimento biotecnológico? Como funcionará a universidade na geração de ciência e de tecnologia? É óbvio que acontecerão mudanças. A massa crítica dos pesquisadores brasileiros é pequena, tem de ser aumentada, isto é coisa de consenso, mas há necessidade fundamental de um diálogo entre a universidade e a indústria, talvez passando até por uma fonte ligada à iniciativa privada de geração de tecnologia. Nos EUA existem várias companhias deste tipo que geram tecnologia e vendem, não geram produto. O papel delas é exatamente procurar, nas universidades, quais são as descobertas científicas que têm perspectivas de desenvolvimento tecnológico. E elas vivem só disto. Uma delas, que faz bastante sucesso, é a Centocor, que o José Maria mostrou, na área de anticorpos monoclonais. A instituição que gera ciência também não está proibida de gerar tecnologia mas, como o Leon colocou,

freqüentemente não tem a visão de mercado de uma empresa particular. Há as instituições geradoras de tecnologia e as que fazem *scale-up*, ou seja, desenvolvimento industrial dessas tecnologias. Cada componente tem um papel fundamental e é preciso que não haja autofagia no sistema. Muitos técnicos brasileiros, pesquisadores, etc., vão trabalhar em companhias particulares, o que é inevitável. Até desejável, porque as pessoas que se sentem atraídas por este setor têm direito de procurar este caminho.

A relação universidade-indústria é uma necessidade. Agora, isto tudo se coloca no papel. A Monsanto fez um enorme acordo com a Universidade de Saint-Louis, cada item do acordo perfeitamente bem definido. E está funcionando muito bem. Cada experiência é diferente, mas o fundamental é que as instituições geradoras de pesquisa neste Estado — como, de resto, no país inteiro — definam o papel que vão representar neste processo de desenvolvimento. E as instituições que desenvolvem tecnologia ou que vão fazer o *scale-up* ao nível industrial, que definam exatamente o que esperam das instituições que geram ciência e tecnologia. Então, este casamento tem que ser feito às claras, de maneira inteiramente definida nos seus mínimos detalhes. Do contrário, o desenvolvimento em si provavelmente será feito de maneira frágil. Por isto eu sempre defendi e defendo que é preciso uma política. Não se precisa de uma Constituinte para a biotecnologia, mas de algumas diretrizes que respondam a esta pergunta: como a universidade e a indústria vão interagir no Brasil? Eu sinto que o modelo brasileiro deve fugir ao que está sendo feito nos EUA, intuitivamente — embora seja um pouco cedo para se avaliar o que está acontecendo lá. Mas há razões: os EUA formaram maciços contingentes de pesquisadores jovens em companhias como a Monsanto e outras, as quais afirmavam serem, antes de tudo uma universidade, não uma companhia particular onde, todos vão realizar seus trabalhos e os resultados serão publicados. Peguei uma revista que publica muito nesta área de fisiologia e plantas. Nos últimos cinco anos, o número de trabalhos publicados na área exatamente de interesse destas companhias é mínimo. A maioria das companhias estabelecidas nos EUA tem publicado muito poucos trabalhos na íntegra; Resumos tem publicado bastante. Isto faz com que um indivíduo que sai da universidade jovem, com doutoramento, e vá para uma companhia particular, corra o risco de prejudicar sua carreira de pesquisa. O modelo americano apresentou portanto alguns problemas deste tipo. Entretanto nos Estados Unidos que adotam um sistema de patentes, o pesquisador ainda poderá publicar. No Brasil deve prevalecer o *trade secret*, o sigilo de informações. Várias companhias brasileiras que contrataram pesquisadores devem considerar que a carreira destes pesquisadores estará um pouco sob risco, porque o pesquisador vive essencialmente do que publica. O investimento que o pesquisador realiza na sua credibilidade profissional, sua massa de informação e suas descobertas. É isto que o pesquisador acumula ao longo da vida. Por isto, é preciso que a descoberta científica seja divulgada. Se não, a história da ciência vai sofrer um *gap*, um buraco profundamente prejudicial ao desenvolvimento da humanidade. Se as descobertas científicas não forem mais divulgadas, a história da ciência vai deixar de ser de domínio da sociedade. Pode até ser que os benefícios ocorram, de alguma forma, mas o conhecimento da sociedade sobre o desenvolvimento da ciência e a interação que é preciso haver entre todas as pessoas que trabalham numa determinada área — e não isoladas, em busca de resultados científicos mantidos sob segredo —, este não ocorrerá. Quer dizer: a descoberta científica tem de ser divulgada. Este é um primeiro ponto que toda universidade deve exigir, em qualquer tipo de acordo. Acho que os acordos podem ser

feitos por empresas particulares, companhias nacionais ou estrangeiras, qualquer uma que possa definir claramente no papel o que pretende fazer, nesse acordo. Mas a descoberta científica tem de ser divulgada. Daí ao desenvolvimento da tecnologia há uma distância. Desde que se descobriu a colotricina até seu uso eficiente, se passaram 20 anos. Os primeiros híbridos de milho foram descobertos em 1920 e só chegaram ao mercado em 1935. Todo desenvolvimento tecnológico demanda investimentos, esforço, trabalho, e não é simultâneo à descoberta científica.

A prova é exatamente o caso citado pelo José Maria, da aftosa. Entendeu-se que, em função da existência de técnicas para fazer clonagem e uso da enzima *transcriptase* reversa, era possível produzir uma vacina anti-aftosa por engenharia genética. Na verdade, a coisa é complexa. Também, acho que esta dificuldade se deve ao fato de este projeto ter sido desenvolvido num país onde é difícil trabalhar com aftosa. Coloco este ponto como importante para a análise. Não acompanho a área de aftosa, mas me parece que a estratégia destas companhias, de produzir grandes partidas de vacinas polivalentes é negócio que não deve funcionar, por suas difíceis perspectivas técnicas. No caso da aftosa, acho que o país deve ir lentamente diminuindo o nível de inóculo. O Brasil tem mapeamento completo de todas as incidências de aftosa. Todo ano, sabe-se exatamente quais são os tipos de vírus que ocorreram em cada região, em que intensidade, etc. O Brasil deve ir produzindo vacinas não necessariamente polivalentes, mas válidas para regiões específicas. Coisa que nem a Genentech nem qualquer destas companhias pode fazer, a não ser que se estabeleçam no Brasil e venham a trabalhar aqui.

Quero chamar a atenção também sobre a necessidade de cooperação nacional e internacional. Existem cientistas de países socialistas trabalhando em regime de tempo parcial na Universidade de Kansas (EUA). O mundo todo está fazendo cooperação internacional, não há, para ela, fronteiras nacionais nem políticas. Sua necessidade é absoluta e será praticamente impossível que o Brasil desenvolva biotecnologia sem cooperação internacional. Temos experiência pequena, mas alguma neste campo, porque fizemos acordo de cooperação internacional com a companhia belga PGS. A tendência de qualquer dessas companhias — de países desenvolvidos, que são as que vamos procurar para acordos — é obter o máximo de recursos e devolver o mínimo em tecnologia, nosso objetivo deve ser exatamente o oposto: obter toda a tecnologia e devolver o mínimo de dinheiro. Deste diálogo, deve sair algo de positivo. Há que haver é capacidade de negociação e acho que o Brasil tem competência para tal. Pesquisadores brasileiros, com conhecimento na área, têm possibilidades de negociar acordos que sejam interessantes para o país.

É questão de competência mesmo. Competência na negociação é conseqüente da competência na área. Por isto, sinto que todos os acordos que o Brasil vem fazendo, pelo seu Ministério de Relações Exteriores, de cooperação científica internacional, deveriam permitir o acesso nas negociações às pessoas que trabalham na área. Frequentemente, acordos são firmados e especialistas da área só descobrem depois, sem ter opinado *a priori*.

Era o que eu queria falar. Competência científica e tecnológica é importante, a ligação entre indústria, empresa e universidade é absolutamente necessária e tem de ser feita de maneira límpida, com contratos que defendam o desenvolvimento da ciência. No país, a ciência deve perseguir, em minha opinião, a área de biologia tropical, por vocação e porque é aí que temos condições de competir (nas outras será muito difícil). Então, este programa deve considerar primeiro este aspecto: como vai conseguir a base para o desenvolvimento da biotecnologia? Através da

competência científica e tecnológica. Como se fará? Com acesso a tecnologias avançadas, formação de recursos humanos, cooperação nacional e internacional e diálogo universidade-indústria. Qualquer plano de desenvolvimento tem de contemplar diretrizes, prioridades e mecanismos operacionais — que parecem muito difíceis, às vezes, a nível governamental. Talvez, a nível estadual! sejam mais fáceis. Na definição de prioridades, em termos de biotecnologia no país as coisas são mais ou menos evidentes. Obviamente, cada Estado vai ter uma fatia dentro destas prioridades gerais. A maior, em minha opinião, com a angústia que tenho do subdesenvolvimento, é a fome. Para mim, este é o maior mercado para a biotecnologia nos países em desenvolvimento: produção de alimentos mais eficiente, usando as técnicas mais avançadas quando necessário e criando plantas capazes de resistir a doenças e a condições adversas, como a seca. Todo ano, em todo o país, as lavouras sofrem não porque há uma seca de um ano mas porque 30 ou 40 dias de estiagem acabam com elas. Acho que os países desenvolvidos não estão muito preocupados em resolver o problema da fome — se estivessem, bastava redistribuir os excedentes e estaria todo mundo alimentado. Os excedentes agrícolas hoje, no mundo, seriam capazes de suprir toda a necessidade alimentar mundial. Se há muita gente morrendo de fome, é porque este assunto não está na pauta. Ora, tem que estar na nossa pauta, temos de resolver este problema aqui dentro.

Outro aspecto, obviamente, é a saúde de modo geral e especificamente em doenças tropicais. Outra área importantíssima é poluição e meio ambiente. O Paraná é Estado que tem uma liderança, por exemplo, no uso do controle biológico, na lavoura. Mas este controle tem espectro amplo, não só de combate a pragas da lavoura mas, também, de algas poluentes em lagos, por exemplo, através de vírus. Todas estas perspectivas estão abertas. As coisas de que falei até agora são de importância social. Vacinas. Uma criança não pode morrer do lado do Palácio do Planalto, por falta de soro anti-oftídico. No século XX, uma criança morrer do lado do governo federal, por falta de soro anti-oftídico, é uma calamidade! Soro que havia no Hospital das Forças Armadas.

Existem muitos mais problemas sociais, que se beneficiarão de tecnologias mais e menos avançadas, que têm de estar na pauta do governo — que é um repassador de recursos da sociedade. Rigorosamente, o Estado é isto. Usa os impostos que arrecada e tem que devolvê-los na forma de benefícios para a sociedade. Acho que é isto que o governo pretende fazer, desenvolvendo a biotecnologia. Então, saúde, problema de alimentação e problema de poluição são, para mim, as três áreas mais importantes. Aí, evidentemente, há muito espaço para a microbiologia industrial, energia, biomassa — áreas economicamente atraentes. Mas é preciso que os aspectos sociais não sejam esquecidos — e, obviamente, aqui não o serão.

Agora, os mecanismos que eu citei são relacionados a patentes, reserva de mercado, segredo industrial, todas estas coisas que as pessoas falam sempre que existe um debate destes. Há uma expectativa de que, com reserva de mercado, esta palavra mágica, vamos resolver todos os problemas. Reserva de mercado é uma coisa que tem de ser considerada, num país que procura, obviamente, o desenvolvimento, a duras penas em competição com países mais desenvolvidos. Tem que ser considerada de maneira fria, da forma mais eficiente do ponto de vista econômico, social e técnico. Não se pode simplesmente acreditar que, com reserva de mercado, se vá garantir o desenvolvimento da biotecnologia. Quanto a patentes, não existe até agora, no mundo, um sistema que satisfaça. Tudo o que tenho lido deixa espaços. E na biologia é muito mais difícil, patentear, do que em química. Biologia é complicada, nenhum sistema de patentes nos EUA, até agora,

satisfaz. Revendo literatura recente que discute os sistemas de patente que há nos EUA para a área de biotecnologia, não existe solução satisfatória. Da mesma forma o *trade secret* no Brasil também não dará certo. Isto porque um pesquisador dentro da sua companhia não pode mais publicar. O que vai publicar é segredo comercial. Quem aceitará isto? A realidade nossa exige a criação de um modelo novo. Nós não temos um sistema de patentes no Brasil e talvez isto seja até interessante. Em minha opinião, as patentes em si — numa área de progresso tecnológico tão vertiginoso como é o da biotecnologia — provavelmente vão se tornar rapidamente obsoletas. Uma patente dois anos depois pode perder sentido porque já existe uma tecnologia mais avançada.

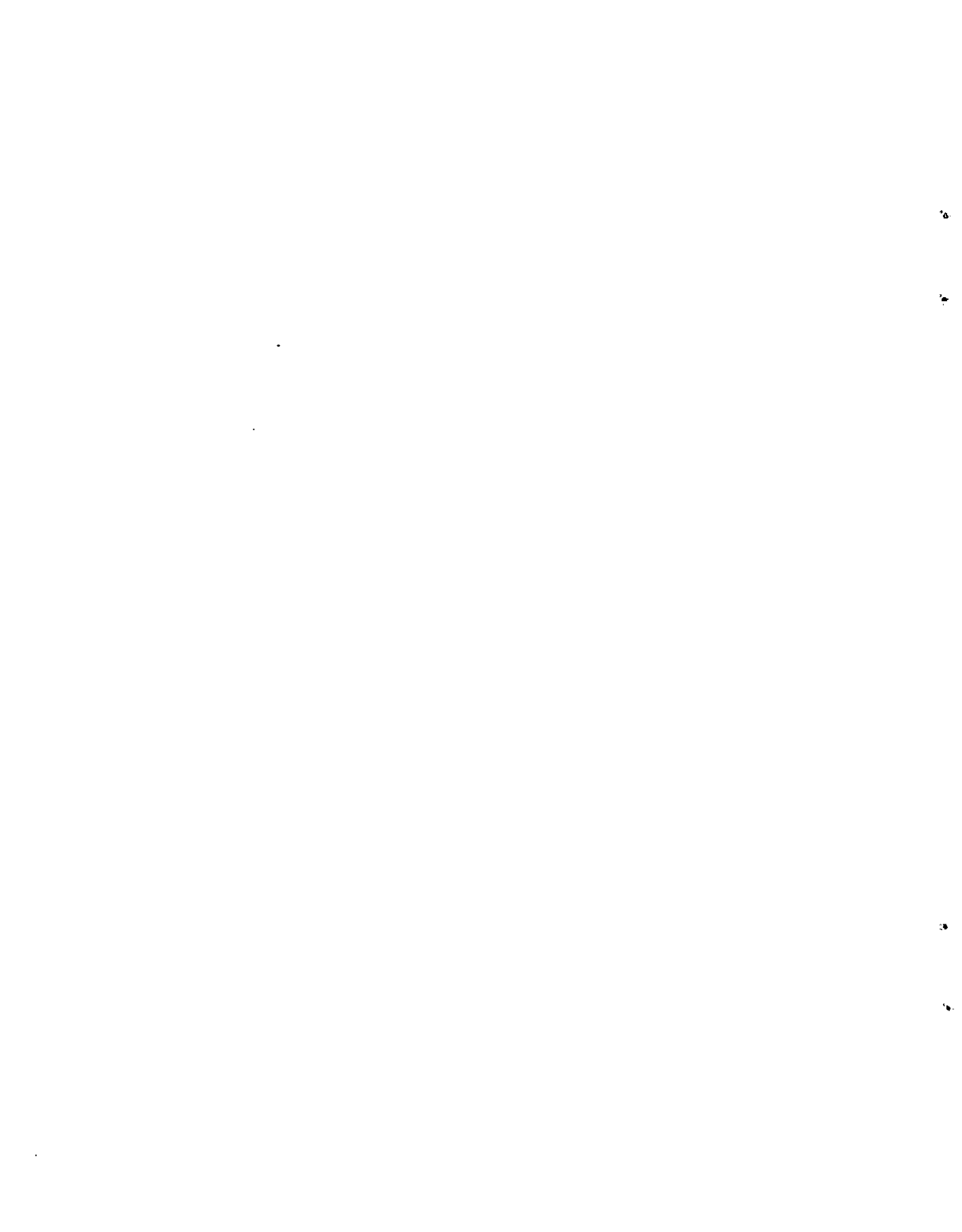
Outro ponto, mais fácil de ser resolvido a nível estadual, é estabelecer processos de acesso rápido à tecnologia, no modelo que foi adotado para Boston (uma zona franca para acesso a tecnologias avançadas). Se o país e os estados querem promover o desenvolvimento da biotecnologia, tem que poder importar rapidamente reagentes e peças de manutenção.

Vários pesquisadores vêm há anos repetindo isto e não se vê realmente um avanço. Continua sendo extremamente difícil importar reagentes e quem está falando é o coordenador do GT do PADCT Biotecnologia. Os projetos aprovados estão lá há dois anos e tem gente que ainda não recebeu equipamento, reagentes cujos pedidos entraram em 1984. Portanto, ainda não conseguimos um processo eficiente de importar reagentes, sem o que nada se faz. Até que o Brasil consiga produzir tudo o que se precisa — nós temos que importar rápido e facilmente. Eu soube, pelo governador do DF — que também quer estabelecer um pólo de biotecnologia, em Brasília — que vai conseguir um caminho operacional específico para o DF. Fiquei sabendo que isto é possível a nível de Estado. Parece que, a nível federal, é uma coisa extremamente complicada, porque há 30 anos que os pesquisadores contrabandeiam reagentes para poder trabalhar. Eu já fui várias vezes acusado de ser contrabandista de reagentes, de trazer radioatividade no bolso e outras coisas.

Bom, este mecanismo de importação de reagentes é fundamental, como também o é uma boa base de informações e informática. Hoje em dia, nenhum bom plano de biotecnologia funciona sem boa base de informação e de informática. Não só para desenvolvimento, acesso aos programas que já existem, mas, eventualmente, para criação de novos programas específicos às nossas necessidades. Lembrando uma das frases clássicas do Viégas, “o mercado é um bem nacional”, digo que o mercado brasileiro é um bem do país, responsável por empregos, divisas, etc. Mas existe um bem nacional que se deve levar muito em consideração no desenvolvimento de qualquer programa de biotecnologia: os recursos genéticos. A biotecnologia se faz por manipulação de recursos genéticos: de microorganismos até o gado curraleiro ou pantaneiro que está lá no MT. E em cima desses recursos genéticos que nós vamos fazer biotecnologia. Deles dependemos, e gostaria de ver a definição de uma política sobre como o Brasil se comportará com relação a eles. Acho que este país — que tem como riquezas maiores exatamente recursos genéticos, microorganismos, animais, plantas — tem de ter uma legislação segura, forte para isto.

Para mim, os dois pontos básicos para estabelecimento de um programa estadual ou federal, estão em duas áreas: competência científica e tecnológica; diretrizes e mecanismos que vão permitir a operacionalização do programa. São os pontos que queria abordar e está aberta a discussão, se houver alguma questão.





# BIOTECNOLOGIA: ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO E PERSPECTIVAS NO BRASIL

Conferencista <i>Rui A. Caldas</i> Diretor de Pesquisa da BIOPLANTAS	Debatedor <i>Wanderley Anciães</i> Assessor do Ministério da Ciência e Tecnologia
Presidente da Mesa <i>Edmundo Reichmann</i> Diretor do TECPAR	

*Edmundo Reichmann*

Antes de iniciar esta palestra — e como, em simpósio, presidente não fala —, gostaria de dizer alguma coisa, uma curiosidade sobre biotecnologia. Lendo os jornais de sábado, constava que a Duquesa de Windsor doou toda a sua fortuna para o Instituto Pasteur de Paris. Uma beleza! Em “O Estado de São Paulo” de domingo havia uma notícia: o Butantã estava com seu departamento jurídico acionado para ver de que maneira podia receber doações. Veja-se então que nos nossos mecanismos básicos está a essência do problema. Enquanto o Instituto Pasteur recebe uma fortuna sem maiores problemas, o departamento jurídico do pobre Butantã — que leva a pecha, de cinco em cinco minutos, por não conseguir produzir o soro anti-*ofídico* — está estudando a maneira de poder receber doações. Bom, vamos prosseguir com a palestra do Dr. Rui Caldas sobre biotecnologia: “Estágio de Desenvolvimento e Perspectivas do Brasil”.

*Rui Caldas*

O Estabelecimento de um programa estadual de biotecnologia tem de ser debatido com muita clareza, não só pelos frutos que se espera para o desenvolvimento do Estado mas, também, como mecanismo estimulador das atividades multidisciplinares. Tenho pelo Paraná um apreço especial, aqui tive o primeiro treinamento em nível de pós-graduação, no antigo Instituto de Química. Quando ainda havia o famoso curso de Fisiologia de Microorganismos. Aqui, especialmente em minha área — bioquímica —, já há uma competência instalada, reconhecida não só nacionalmente mas também fora do país.

De início fica claro (quando examinamos as análises feitas por vários organismos — principalmente pelo setor privado que, ao tomar uma decisão, o faz fundamentado em dados concretos) que, quanto à competência instalada para desenvolvimento da biotecnologia, 50% está centralizada nos EUA; 25% no Japão; 24,5% na Europa Ocidental e Oriental e 0,5% no resto do mundo. Fazendo qualquer aproximação grosseira disto, talvez o Brasil tenha menos que 0,1% da capacidade mundial instalada nessa área. Esta é uma das premissas básicas que se tem de ter em mente: primeiro, a massa crítica interna é extremamente pequena. Portanto, qualquer programa de desenvolvimento de biotecnologia tem que fazer um esforço de aumentar esta massa crítica e, além disto, usar inteligentemente a massa crítica instalada.

Segundo, a biotecnologia – como todo processo de desenvolvimento, de criação científica ou tecnológica – requer uma resposta rápida aos estímulos do processo criativo. Quem está envolvido com fisiologia humana ou vegetal sabe que um dos componentes básicos da *omeostase* é exatamente a rapidez com que o sistema responde a estímulos. O processo criativo é assim: se hoje é dado o estímulo, a resposta tem de ser rápida. Se analisarmos nossas estruturas, a resposta ao estímulo criativo é extremamente lenta. Portanto, o processo criativo, quer científico ou tecnológico, é deveras sacrificado.

Outro aspecto a comentar: estabeleceram-se várias premissas com referência às tecnologias que teriam impacto na biotecnologia. Aqui vou reproduzir apenas um dos gráficos elaborados pela *Comunidade Econômica Européia – CEE* – mostrando que, na biotecnologia aplicada a plantas, a contribuição de culturas de tecido é a tecnologia predominante até o final de 1990. Em seguida teríamos um avanço das tecnologias de fusão de células e da cultura de células individuais, para obter variantes somaclonais, e logo depois teríamos um verdadeiro estouro da tecnologia do DNA recombinante. Esta foi uma premissa que norteou os programas de biotecnologia da Europa, do Japão e dos EUA. Hoje, isto é visto como uma falsa análise. A tecnologia de DNA recombinante, pela experiência acumulada nos últimos anos, poderá ter um impacto na agricultura, mais provavelmente a partir da primeira década do século XXI. Provavelmente, esta não terá grande impacto na agricultura, pelos problemas fundamentais – colocados pelo Barreto. Há muitos problemas teóricos, de biologia básica, em plantas, a serem contornados. A própria estabilidade das informações inseridas no *genoma* de uma planta é um problema ainda bastante complexo. O pessoal que assistiu, em recente seminário, palestra sobre o uso de transposon como veículo de clonagem em milho viu que a estabilidade do sistema de transposon é problema bastante complexo. Ainda não se conhece bem a biologia molecular básica de transposon. Se houver investimento maciço nesta área, a expectativa é de que, no começo do século XXI, tenhamos uma contribuição significativa da tecnologia do DNA recombinante na agricultura.

Hoje, no estabelecimento de um programa de biotecnologia no país, no Estado – e inclusive no setor privado –, há que se estudar muito cuidadosamente – porque implica investimentos maciços – se haverá retorno, ou o próprio empreendimento ficará sacrificado. Assim, a premissa é a de que hoje a cultura de tecidos ainda é a tecnologia que terá muito impacto sobre a biotecnologia agrícola nas duas próximas décadas. No caso da fusão de protoplasto, após os trabalhos de Evans e Sharp (cruzamento de duas espécies de *Nicotiana*) e de grupos japoneses (cruzamento de tomate e batata) acreditava-se que desencadearia rapidamente a fusão para a obtenção de híbridos altamente viáveis. A experiência acumulada nos últimos anos revela que a fusão de protoplasto ainda tem sérios problemas a serem contornados. A estabilidade do genoma transferido para uma célula hospedeira ainda deve ser objeto de muito estudo básico, embora haja perspectiva de, nos próximos 15 anos, haver tecnologia útil, não apenas entre indivíduos da mesma espécie, por exemplo, em milho – entre variedades diferentes. Talvez a transferência por fusão venha a ser mais rápida que transferência por cruzamento genético clássico.

Conforme a CEE, a biotecnologia terá impacto grande principalmente em se tratando de que em torno de 40% dos produtos manufaturados no mundo desenvolvido são, de uma forma ou de outra, de origem biológica. Desta forma, a biotecnologia será força importante na inovação tecnológica no próximo ciclo de desenvolvimento dos países do Oeste.

Fatalmente, devido à escassez de recursos econômicos e recursos

humanos — massa crítica —, teremos um problema crucial, de gerenciamento, na estrutura administrativa. Há necessidade de montar mecanismos para que tenhamos um sistema eficiente de gerenciamento de programas de biotecnologia. Quando se fala em biotecnologia, não se fica restrito a apenas uma técnica específica. Montar uma planta, ou desenvolver uma planta resistente a uma determinada doença, implica ter-se ao lado um geneticista quantitativo de alto nível, alguém que domine bem a parte de cultura de tecidos e alguém que domine bem bioquímica. Sobretudo, o processo é multidisciplinar. Sabemos, por nossa própria cultura latina, que é difícil gerenciar um grupo superior a um. Ai há que se pensar em toda uma estratégia de gerenciamento, de nucleação de grupos. Há, no Brasil, pouca gente treinada para fazer isto. Por incrível que pareça, é uma de nossas grandes falhas. Vários outros países já se preocuparam com isto há algumas décadas, formando recursos humanos capazes de gerenciar grupos de pesquisa, de nuclear indivíduos e de saber conversar, eliminar as diferenças, pensando apenas nos pontos positivos de cada um. Vivi 22 anos dentro da universidade e ali é muito comum haver picuinhas colocadas acima dos grandes problemas da ciência e da tecnologia nacionais.

Sob minha ótica, gostaria de discutir quais são os princípios básicos que norteiam a biotecnologia hoje. Não se trata de panacéia para resolver todos os problemas. Não. Biotecnologia é um conjunto de ferramentas que pode ser útil na solução de problemas onde um ser vivo está envolvido, seja para gerar produtos, seja para gerar processos. É ferramenta de trabalho e este conjunto está baseado numa série de princípios. Um deles é o da diferenciação celular. Hoje, num modelo, bastante conhecido de plantas — e também razoavelmente conhecido de animais, no domínio da superovulação — existe uma série de processos em que uma célula tem um compromisso biológico para formar um tecido. Este tecido pode se organizar ou não. Estar num estado indiferenciado ou não. A organização do sistema de tecido diferenciado — ou não — ocorre em função dos níveis de hormônio, do ambiente onde o tecido está colocado. Assim, existe uma série de sinais biológicos que comandam estas diferenciações. Muitas companhias estabelecidas no ramo de biotecnologia investiram maciçamente exatamente nesta área de diferenciação celular. Isto, principalmente em plantas, ficou muito esquecido no Brasil, onde botânica, fisiologia vegetal, etc. não tiveram apoio em termos de formação de recursos humanos. Sabemos que as universidades têm deficiência muito grande nestas áreas. Portanto não temos, aqui, grupos fortes na área de diferenciação celular. O Prof. Walter Andrew, da USP, tem trabalho muito bom nesta área e há um grupo em Brasília também, mas são poucos os indivíduos que dominam bem a área de princípios de diferenciação celular em plantas.

Outro princípio básico da biotecnologia atual está nas associações biológicas. Existe uma série delas, como *Rhizobium* — o Brasil tem bom domínio, hoje, na área especialmente na cultura de soja, graças ao trabalho feito por Jardim de Freire (Rio Grande do Sul), Silvio Brandão (de Viçosa) e pesquisadores do IAC e da ESALQ. Hoje, a soja no Brasil pode ser plantada com zero de nitrogênio. Já a soja americana não é capaz, ainda, de suprir 100% de sua demanda de nitrogênio. Há necessidade de suprir 40 a 50% da demanda de nitrogênio, devido a um tipo de associação biológica pouco eficiente.

Dois outras associações biológicas com grandes perspectivas são: as endomicorrizas — fungos que se associam às raízes, formando interações íntimas com o sistema vascular da planta e permitindo duas coisas. Primeiro, maior absorção de nutrientes, principalmente fósforo, alguns micronutrientes e água. Segundo, formam uma camada de proteção à raiz, contra ataques de

fungos patógenos do solo (trabalho do Dr. John Menge, da Universidade da Califórnia). A outra associação é com a bactéria do gênero Frankia, que dá a possibilidade de fixar nitrogênio em árvores que não sejam leguminosas. Há vários trabalhos sobre isto, inclusive em países nórdicos, onde estão sendo plantados grandes pomares de árvores com a utilização da associação biológica com Frankia.

Há o caso do *Azospirillum brasiliensis*. Ficamos sabendo de um trabalho muito bom que está sendo feito há anos pela EMBRAPA em Sete Lagoas, pelo qual se pode hoje fazer cultivo do milho no cerrado com níveis muito baixos de nitrogênio, através de associações biológicas com *Azospirillum brasiliensis*.

O tipo de associação biológica das endomicorrizas forma verdadeiros arbustos no interior da raiz, neste dispositivo caracterizados pela presença de pêlos absorventes e hifas do fungo, como que revestindo o sistema radicular.

No Brasil, vários grupos têm trabalhado com micorriza. No PR existe um grupo na EMBRAPA e também no IAPAR. Há também no Centro do Cerrado, em Brasília, no Agrônomo de Campinas (Dr. Eli Lopes), na ESALQ, em LABRAS e na UFV, para citar alguns grupos. O problema mais sério que havia era o de produção maciça de inoculantes. Esta produção ainda é feita em raízes de plantas hospedeiras. O problema limitante do uso desta tecnologia é a produção de quantidades significativas de esporos, em condições suficientemente assépticas, caso contrário se estaria transferindo eventualmente nematóides ou outros fungos patogênicos junto com o inóculo produzido na raiz das plantas.

Nesta área de micorriza, acho que a agricultura terá grande impulso nesta próxima década, se for dominado o sistema de produção de inóculos. Os resultados são extremamente surpreendentes. Você consegue cultivar plantas no solo pobre de um barranco, colocando a planta com micorriza, fazendo com que ela extraia os nutrientes daquela terra sem a necessidade de níveis sucessivos de nutrientes. Inclusive, no mundo, a grande aplicação de micorriza está hoje em culturas perenes, como árvores frutíferas. Mas não há aplicação para culturas anuais, porque a demanda de esporos é muito grande e não existe processo comercial para sua produção em larga escala. Os investimentos nesta área, para definição de meios para cultivo de endomicorriza, são extremamente grandes no mundo. Empresas não revelam dados de investimentos, mas, só no laboratório da Dra. Barbara Moss, a Monsanto investiu, em 1984-86, em torno de US\$ 3 milhões. Em outro laboratório que visitamos recentemente se investiu mais US\$ 3 milhões na definição de meio para cultivo de endomicorriza.

Se você não consegue cultivar o fungo por não haver tecnologia disponível, há estratégias para se lançar mão. Por exemplo, a inoculação de campos pode ser feita a partir de matrizes mães inoculadas. Estas são transferidas para o campo e se deixa que o próprio sistema fúngico se multiplique em campo. No mundo, o pessoal está trabalhando muito em produção de inoculantes em fermentadores, a exemplo do que se faz com o *Rhizobium* para ser inoculado nas culturas anuais. Pode-se também lançar mão da inoculação de campo, usando seu solo como fonte de inóculo. Outro trabalho que vem sendo desenvolvido por vários grupos é o das estirpes de colonização rápida. Normalmente, as colonizações de raiz são muito lentas. No caso de cultura anual, quando se tem que ter uma colonização em duas-três semanas, há que se passar por um processo de seleção de estirpes de colonização rápida. Posso afirmar que, na empresa à qual estou vinculado hoje, existem indícios muito bons de que há populações naturais, nos solos brasileiros, de estirpes com alta capacidade de colonização rápida. Eu diria mesmo que, uma vez dominada essa tecnologia, teremos a próxima grande

revolução da agricultura — tão significativa quanto o foi a do híbrido no período de 1930-40. Isto porque a capacidade de absorção de nutrientes é extremamente aumentada. E os solos — em especial do cerrado —, com argila de baixa capacidade de retenção, têm 70% do seu potássio, após o primeiro mês de chuva, a dois metros de profundidade. Trabalho feito pelo Grupo de Ecologia da UnB mostra que o processo de lixiviação é violento. Como o potássio que é um insumo importado, que é colocado nas culturas anuais. Se a terra não tiver capacidade de absorção nas culturas anuais provavelmente você estará jogando 70% de seus recursos fora — estes descem para o lenço freático.

Outro princípio básico em biotecnologia está nas chamadas variações somaclonais. A idéia que se tinha até então era a de que, em se tomando o pecíolo de uma planta ou talvez uma antera e cultivando-os *in vitro*, informação genética contida naquele tecido não seria a mesma para toda a planta. Hoje, sabe-se que, colocando uma população de células em cultura de tecido (num calo há milhões de células), tem-se variações entre aquelas células. Pode-se selecioná-las fazendo plaqueamento em placa de petri e pescando células que vão gerar indivíduos com propriedades diferentes de seus pais. Essa técnica tem sido muito usada para, exatamente, obter produtos com propriedades desejáveis.

Uma das empresas americanas, DNAP, tem seu programa comercial assentado em cima de obtenção de produtos através de variação somaclonal. Por exemplo, cenoura: faz-se uma cultura de células de cenoura e se pode pescar o clone de cenoura com alto teor de vitamina A, ou mais doce, ou mais adequada para fritura, etc. Em milho, em vez de ir por aquele programa longo de cruzamento — obtenção de linhagens puras, cruzamento entre as mesmas e seleção de híbridos —, se pode fazer um trabalho de seleção dos melhores híbridos existentes, separando os clones que são superiores aos pais que originaram os híbridos. Hoje, com domínio completo da regeneração de milho por cultura de tecido, pode-se ter população muito grande de milho a partir de um tupo de ensaio. Hoje, não só empresas americanas como as francesas — inclusive com apoio do Estado — estão comprando empresas de sementes e entrando maciçamente nesta área para produção de milho através de variação somaclonal.

Fusão celular é um outro princípio. A idéia é a de que, em vez de fazer a fusão das células no cruzamento clássico, ela seja feita *in vitro*, de forma que, eventualmente, este material tenha vantagens superiores aos pais que deram origem aos dois indivíduos A e B. Essa técnica deve ser perseguida, mas os resultados até agora obtidos não são muito promissores diante do que se espera desta tecnologia. Provavelmente, se tivermos uma variedade resistente a um determinado número de doenças, outra com alta produtividade, talvez se possa fazer um híbrido dentro da mesma espécie (não-interespecífico).

Outro princípio no qual a biotecnologia tem se assentado é sobre os conhecimentos básicos da biologia molecular, basicamente na tecnologia do DNA recombinante, ou seja, na capacidade de se ter um vetor de informação, abri-lo, colocar uma informação dentro e transferi-lo para um organismo, fazendo com que ele o expresse. Exemplo disto é a própria insulina humana, hoje sendo produzida pela Lilly — pelo menos parte dela — usando expressão em *Escherichia coli*. Mas há problemas, e talvez a própria Lilly não tivesse investido tanto, pois sabe-se que hoje grande parte da população humana necessitada vive muito bem com insulina extraída do pâncreas do boi.

Só uma pequena porcentagem requer insulina extraída do pâncreas de suínos. A diferença entre a insulina humana e a de suínos é apenas de um

aminoácido na seqüência primária da proteína. De qualquer forma, em alguns casos há a necessidade estrita do uso da insulina humana. Hoje, questiona-se, inclusive, o custo da insulina sintetizada pela *Escherichia coli*. Mas está surgindo nova tecnologia que usa a biologia molecular como base: seria a tecnologia do RFLP (*Restriction/Fragment Length Polymorphism*, ou seja, análise do polimorfismo dos fragmentos de enzima de restrição).

Essa tecnologia, provavelmente, causará grande revolução na genética clássica, não para substituí-la, mas para desempenhar o papel de ferramenta de apoio para os melhoristas, de plantas. Quando o geneticista olha uma planta, o faz sob o ângulo da expressão fenotípica — é o fenótipo que se analisa. Mas, se você extrai o DNA total, cliva-o com uma, ou duas enzimas de restrição, tem uma população de fragmentos, podendo, a partir daí, criar um banco de dados, para verificar quais são os indivíduos que têm a maior chance de heterose (com base na natureza dos fragmentos existentes). Então, a capacidade de heterose pode ser muito mais rapidamente avaliada. Exemplo disto é de uma empresa americana, que deu a uma companhia de biotecnologia que desenvolvia esta tecnologia, 300 sementes, três de cada híbrido. Um mês depois os pesquisadores voltaram com as seguintes respostas: o híbrido um, foi cruzamento da linhagem com a Y; o híbrido 50, da linhagem Z com a linhagem K. Houve 100% de acerto. No caso do milho, por exemplo, há a disposição um pequeno número de linhagens básicas, todas de domínio público. Os especialistas têm apenas o trabalho de cruzá-las e verificar que híbrido se adapta melhor às condições ambientais em questão. Mas não existe novidade em termos de linhagens nobres. A referida empresa ficou apavorada com a história e, inclusive, já tentou um contrato de risco com esta companhia de biotecnologia para que ela não passasse o conhecimento a outras competidoras.

Essa tecnologia, o Brasil tem toda a condição de desenvolver, mesmo com os poucos recursos de biólogo molecular que temos. Vários laboratórios dominam a tecnologia de obtenção de fragmentos de restrição, que é, portanto, ferramenta extremamente potente na mão de um bom geneticista quantitativo.

Gostaria de citar mais uma das bases biotecnológicas, que seria a de anticorpos monoclonais. O clone de linfócitos sintetiza determinado tipo de anticorpo específico para um epitoto na superfície de um antígeno. É também potente para a biotecnologia, principalmente nas áreas de imunodiagnósticos (está sendo muito usada em humanos e animais). Em plantas, há uma série de grupos que está produzindo imunodiagnósticos através da técnica de anticorpos monoclonais. No caso dos vírus não há muita necessidade do desenvolvimento desta técnica porque os policlonais dão uma boa resposta para seu diagnóstico. Mas esta é uma tecnologia principalmente útil para doenças fúngicas, de difícil diagnóstico — a não ser por anticorpo monoclonal, devido ao número de proteínas em comum com a planta hospedeira.

Outro princípio básico está nas imobilizações moleculares e celulares. O conhecimento adquirido de que a superfície de uma proteína é ativa permitiu desenvolver tecnologias para acoplá-las a uma fase estacionária (por exemplo, um vidro poroso ou uma resina qualquer). Permitiu desenvolver uma série de coisas. Primeiro, a formação dos reatores bioquímicos. Sabe-se que boa parte da indústria japonesa de aminoácidos está assentada no princípio de que a fermentação dá rendimento alto, o que pode ser melhorado usando os reatores bioquímicos. Tem-se uma coluna com uma enzima imobilizada, por onde passa um substrato e o produto sai no material que eflui daquela coluna. Imobilizações também têm sido muito usadas na área de terapia. Você pode acoplar alguma coisa a um anticorpo ou a um

outro carreador de alguma droga que vá atacar especificamente um determinado grupo de células.

A inserção de informação genética numa planta requer ainda muito trabalho. O Dr. Luis Antonio Barreto de Castro exatamente coordena o grupo voltado a essa pesquisa. No caso de plantas o vetor poderia ter, por exemplo, a informação para a síntese de uma toxina que seria específica para o controle de insetos. Por exemplo, a clonagem da endotoxina do *Bacillus Thuringiensis*, porque a exotoxina é teratogênica e, portanto, o esforço no mundo tem se concentrado na primeira. A última informação que temos é de que há um certo grau de sucesso na clonagem da endotoxina em milho, mas ainda há problema de instabilidade da informação.

Quanto às aplicações da biotecnologia, uma das grandes possibilidades seria, provavelmente, na agricultura — com maior repercussão. O Brasil foi, sistematicamente, um importador de grãos de alimentos. Só em 1971 tivemos superávit na importação de grãos — salvo algum erro de contabilidade. De qualquer forma, somos sistemáticos importadores de grãos; a biotecnologia poderia colaborar para reverter este quadro.

Em agricultura, eu diria que temos três grandes aplicações imediatas. A primeira seria em micropropagação. Em florestas, para se obter uma população de indivíduos com alta capacidade de produção de biomassa, ou com teor e qualidade de fibra — para o caso de produção de celulose, com comprimento desejado — são necessários muitos anos de trabalho genético. Mas, encontrando um indivíduo apenas com as características desejáveis, monta-se um sistema de micropropagação para recompor uma população. Por exemplo: no *Eucalyptus calmodulensis*, há um sistema muito bom de micropropagação já de domínio público. Uma planta dá oito nós a cada 23 dias. Corta-se cada nó, coloca-se o em cultura e, a cada 21 dias, regenera-se uma nova planta. Fazendo este cálculo com uma planta hoje, daqui a um ano você terá 2,2 bilhões de plantas. Precisa mais ou menos uma população da de Curitiba para fazer a transferência de área desse material. A metodologia é extremamente potente. O sistema de propagação é uma progressão geométrica, que vai crescendo brutalmente com tempo. Em alguns sistemas, pode-se inclusive prever matematicamente: quero 300 mil indivíduos. Quanto tempo será necessário, se eu começar com um indivíduo agora? Assim, tenho a certeza de que esta é uma área com aplicação muito imediata em vários campos: silvicultura, citricultura e horticultura. Seria praticamente inviável recuperar a citricultura de SP por estaquia a partir de um indivíduo só: demoraria, talvez, de 30 a 50 anos. Assim, a técnica de micropropagação tem um potencial comprovado muito grande.

Outra técnica seria a de limpeza clonal, muito usada principalmente nesta região do país, de clima mais temperado. A EMBRAPA tem trabalho elogiável nesta área; desde 1977, vem desenvolvendo toda uma tecnologia a partir de cultura de meristema: isento de patógenos. Esta é uma tecnologia de aplicação imediata.

Nossa importação de porta-enxertos para fruteiras de clima temperado é extremamente grande. Temos uma dependência total, porque não existem ainda empresas em número suficiente para abastecer nossa demanda interna. Nem estou discutindo a externa. Só a demanda interna de porta-enxertos é da ordem de dois a três milhões de plantas/ano. Neste caso, a tecnologia não é segredo, é de domínio público, mais do que publicada. O germoplasma para isto também é de domínio público, existem dois centros grandes no mundo, um em Nova Iorque e outro no Canadá. Há boa parte do material já em cultura de tecidos e não sei por que o Brasil ainda — principalmente os empresários — não atinaram para isto. Na realidade, é efetivamente



falta de iniciativa. Sob o aspecto privado, o negócio é lucrativo e tem grande demanda.

Outra aplicação imediata na agricultura seria a das associações biológicas de micorriza. Há trabalhos bons na área de ectomicorrizas, como o de *Rhizobium*, mas na área de endomicorriza existe pouca gente, no Brasil. Os resultados mostrados pelo Dr. Eli Lopes há anos, no IAC (desde 1969-70); pelo Dr. Paulo de Souza, em Lavras, pelos pesquisadores de Viçosa; pela Dr.<sup>a</sup> Margarida Bellei que atualmente está aqui em SC, na UFSC, demonstram o elevado potencial da endomicorriza. E se pode fazer isto para silvicultura (eucalipto), a custos razoavelmente baixos. A área de sementeira é pequena e quem o faz em tubetes gasta muito pouco material. Requer-se apenas em torno de 50 a 100 esporos por planta, para uma colonização efetiva. Isto você faz numa área bastante pequena, para suprir, talvez, a demanda de um milhão de mudas de eucalipto. Os benefícios que se prevê são realmente assustadores. Enfim, para aplicação imediata, falta, talvez, que o sistema empresarial se organize para dominar a tecnologia de produção de inoculantes (esporos) de endomicorrizas, além, é claro, das proteções dadas pelas micorrizas contra patógenos de solo, reduzindo, inclusive, a aplicação maciça de defensivos no solo. Exemplo clássico é o da pimenta-do-reino que está sendo atacada na Paraíba, devido à *Fusariose*.

Vejamos agora a aplicação de biotecnologia na área de energia. Observando o consumo de energia relacionado com fonte, vê-se que a produção de energia hidrelétrica dos EUA é muito pequena, o consumo de gás natural é muito grande, depois vem o petróleo, e, por fim, o carvão. O Canadá produz energia hidrelétrica num nível superior ao dos EUA, devido aos seus cursos d'água. Toda sociedade humana está baseada, em grande demanda de energia sob forma de gás natural, petróleo e carvão — ou seja, matérias que vieram de biomassa. Estamos, no fundo, gastando uma reserva de biomassa acumulada nos milhões de anos que nos antecederam.

No processo atual de industrialização, o homem precisa, para se manter, me média, de 0,08 ha/ano para sua subsistência e para ter uma dieta rica, de 0,32 ha. Quem tem carro precisa de 10 vezes mais área para plantar cana-de-açúcar e mantê-lo funcionando durante um ano. Realmente um programa de substituição de energia ao molde do PROÁLCOOL com cana-de-açúcar é deveras questionável, devido à grande demanda de área para produção de energia para locomoção da massa urbana e rural. Acho que se deve pensar em outras formas de produção de biomassa, que não sejam aquelas em terrenos aráveis. Vários grupos do mundo têm procurado uma forma alternativa para produção de energia via biomassa, mas não a biomassa de sacarose e amido — questionáveis em termos de eficiência. A biomassa de maiores perspectivas, no mundo, seria a celulose (e o complexo lignocelulolítico). Um dos grandes problemas que se encontra, no uso dessa biomassa, é o de remoção de lignina, feita quimicamente, ela é cara. Você praticamente limpa o material para, depois, tentar fazer um álcool ou uma matéria qualquer — a partir de uma celulose já limpa. Assim, o processo torna-se extremamente oneroso. A idéia hoje é fazer isto via enzimática. Há o grupo do Paul Broda, em Manchester (Inglaterra), centrado em lignase. Há investimentos grandes em vários laboratórios, para se encontrar ligninase com atividade alta, para usá-la na remoção da lignina. Obviamente, alguns outros componentes terão que ser inseridos além do complexo celulolítico — para hidrólise da celulose — como o sistema de hemicelulase e, eventualmente, a conversão de xilose em xilulose paa xilose isomerase. Há todo um complexo de sistemas enzimáticos que podem ser utilizados para aproveitamento da biomassa. Investimentos, no mundo, se têm centrado neste aspecto.

Por final, na aplicação em saúde humana e animal foram feitos vários comentários que não discutirei no decurso da minha palestra.

Na biometalurgia têm surgido algumas perspectivas. Em MG, o grupo que trabalha ligado à Comissão Nacional de Energia Nuclear em Poços de Caldas, já tem trabalho bastante bom nesta área.

Gostaria de finalizar com alguns comentários. Primeiro, a montagem de um programa de biotecnologia tem de levar em consideração as realidades que já foram discutidas: número de pessoas, concentração de recursos no Estado (o Estado detém boa parte dos recursos gerados pela sociedade) e a máquina estatal. Portanto, imagino que há necessidade de se pensar, de imediato, na mudança completa de nosso sistema de legislação, para permitir que haja uma flexibilidade grande no uso destes recursos. Isto não se aplica apenas à biotecnologia, mas à ciência e à tecnologia de um modo geral. O processo criativo tem uma latência de resposta que lhe é própria; não sendo alimentado com as ferramentas necessárias, obviamente fica comprometido qualquer esforço feito nesse sentido. Acredito que há necessidade, também, de se desenvolver mecanismos para agilizar todo o suprimento de insumos necessários para o desenvolvimento da biotecnologia. Sabe-se que as ferramentas que a biotecnologia usa são insumos. Nós fomos, sistematicamente, importadores de insumos, por muitos anos — no passado, tentou-se uma política para gerar insumos dentro do país. Este é um dos pontos-chaves do estrangulamento atual.

Eu gostaria de considerar dois pontos-chaves desse estrangulamento: a burocracia institucionalizada, primeiro, o que chamo de cultivo cartorial. Além disto, nas instituições públicas há o problema de você fazer a promoção da imbecilidade. Na realidade, às vezes você não julga os indivíduos pelo valor, mas pelas posições, pela descendência genotípica. Assim, essas mudanças têm de ser profundas para que se possa, então, estabelecer programas que tragam frutos. Considerando o baixo número de pesquisadores, há muito mais razão para se montar um sistema eficiente para utilizá-los.

Segundo, gostaria de dizer que, para fazer isto, no modelo atual (universidade e instituições de pesquisa de um lado; empresas privadas de outro), a tolice está em considerar pecado mortal a interação entre ambos. Talvez seja uma tolice alimentada para a manutenção do subdesenvolvimento. Os países se desenvolveram através de uma associação íntima entre setor privado, instituições de pesquisa e universidades. O Japão é exemplo clássico disto. A indústria dos japoneses, as instituições de pesquisa e as universidades são um contínuo, uma família só. O professor é também o diretor de pesquisa e desenvolvimento de uma indústria — às vezes, é até o gerente de produção da própria indústria. Nós, aqui, trabalhamos de forma estanque, sem vasos de comunicação entre os vários compartimentos. Daí, creio que qualquer modelo tem de pensar nesta comunicação entre os vários compartimentos que fazem parte do sistema de gerar produtos ou processos: pesquisa básica, pesquisa aplicada, colocação da pesquisa no próprio mercado.

No sistema de um programa estadual, existe uma série de coisas em que se pode pensar. Insumos para biotecnologia, por exemplo, é um ponto de estrangulamento. Não é que a Constituinte vá resolver tudo, mas acredito ser preciso que grupos pensem seriamente na inserção de alguma coisa na nova legislação futura, que diria mais ou menos o seguinte: todo brasileiro nasce honesto até que seja provado o contrário. Se isto for inserido, provavelmente já teremos um grande avanço no futuro. O Paraná, especificamente, tem uma condição privilegiada — principalmente em insumos para bioquímica. Tem todo um potencial para gerar substratos, enzimas e uma série de insumos para a biotecnologia. Poderia entrar em

alguns programas específicos: associações biológicas; controles biológico (já há um bom programa no Estado); micropropagação e limpeza clonal; e melhoramento genético, não no sentido clássico mas sim acoplado às tecnologias que aceleram o trabalho do geneticista. Não aconselharia, por exemplo, a tecnologia de polimorfismo enzimático que tem possibilidade concreta, mas limitada, isto porque só se tem umas 14 enzimas que servem como marcadores de resistência, por exemplo, para nematóide, a fosfatase alcalina, é um bom marcador. Mas, com os fragmentos de enzimas de restrição, efetivamente os pesquisadores teriam em mãos uma ferramenta bem mais potente. Tenho a impressão de que esta era a contribuição que eu gostaria de dar. Muito obrigado.

*(Transcrito da conferência proferida).*

## Debate

Wanderley Anciães

Meu enfoque vai ser um pouco distinto do que falou Rui Caldas. Procurarei ser bastante breve e lançar alguns pontos — talvez provocativos — para estimular o debate. Inicialmente, o que o dr. Edmundo falou sobre o Butantã. No momento em que o Estado do PR pensa em formular um plano, um programa ou uma política estadual para o setor de biotecnologia, eu daria mais um dado do Butantã. Há algum tempo já se sabia da perda de capacidade do Butantã, hoje com sérios problemas de falta de soro anti-ofídico, anti-aracnídeo, etc. Houve um momento em que o Butantã precisava de recursos da Secretaria de Indústria do Estado de SP e a Pasta estava disposta a transferi-los. Só que havia uma lei estadual proibindo que a Pasta transferisse recursos para outra Pasta (a de Saúde, à qual o Butantã era subordinado). Então, em função disto não se produzia soro, apesar de o dinheiro existir. Isto aconteceu mais ou menos há dois anos e é só mais uma ilustração de como não se deve trabalhar numa área estratégica.

Em termos da biotecnologia como novo ciclo de desenvolvimento dos países do Oeste, não colocaria a questão assim. Acho que os países do Leste talvez estejam um pouco mais atrasados, mas já estão começando a trabalhar na diminuição deste *gap*. Agora, a vantagem dos EUA e particularmente, hoje, do Japão — maior preocupação dos norte-americanos —, dá uma distância bastante avançada. Agora, são três as áreas de conhecimento talvez principais. Uma delas está bastante inserida no setor produtivo, hoje: a de microeletrônica. Fora esta, temos ainda a de biotecnologia e novos materiais. Em outras aplicações, temos que ver, em termos de futuro, a questão de oceanos, espaço e, em energia, principalmente novas fontes.

Em nível mais geral, há o problema do papel e do interesse das empresas na área de biotecnologia. Qual é o papel dos países do Terceiro Mundo? As empresas estão vendo o Terceiro Mundo e aqueles países que têm algum potencial na área de biotecnologia — e ao Brasil tem sido dada muita atenção — mais como potenciais fornecedores de matéria-prima, de alimentos (tentando perpetuar de alguma forma aquele clássico papel de celeiro do mundo) e de germoplasmas. Não existe — e isto é absolutamente natural —, da parte das grandes empresas multinacionais, o menor interesse em transferir tecnologia para países em desenvolvimento. Principalmente para países como o Brasil, que talvez ameacem mais do que outros países ainda em estágio mais atrasado, ou com menor potencial. Talvez Rui Caldas, na Bioplanta — que é subsidiária da multinacional *British and American Tobacco* — esteja sentindo dificuldades para obter informações. Há uma orientação muito clara de dificultar transferência de informações para países em desenvolvimento, ditos do Terceiro Mundo. Há um fechamento muito claro de informações, no nível de capacitação científico-tecnológica, nesta área da biotecnologia.

Ponto importante é a patente na área de biotecnologia. Concordo plenamente com o prof. Luiz Antônio Barreto de Castro de que não devemos no momento (não há interesse para o Brasil, como nação) reformular a política de propriedade industrial. Pode haver um interesse específico de um pesquisador ou de uma pequena empresa num determinado produto, mas esta é uma visão micro. O interesse hoje (inclusive as pressões que estão havendo), no sentido de uma reformulação da legislação de patentes, mostra que é pouco provável uma mudança a curto prazo, felizmente. Trata-se, aí, muito mais do interesse das multinacionais. Elas têm muito mais o interesse de

tentar proteger, aqui no Brasil já, algumas descobertas que estão fazendo lá fora. Há ainda a dificuldade de se conceituar precisamente, em biotecnologia, o que é uma propriedade industrial. Existem discussões teóricas e inclusive jurídicas sendo travadas entre grandes empresas, sobre a dificuldade de se amarrar a questão: o que é uma propriedade industrial? Há pessoas que não acreditam ser possível criar um sistema rígido de patentes em nível internacional. De qualquer forma, as grandes empresas vêm trabalhando em dois sentidos. Primeiro se briga por uma patente, registra-se o que se tem e se vai ganhando tempo. A segunda coisa é a rápida taxa de inovação na área, que faz com que rapidamente uma descoberta passe a ser obsoleta. Então, para o Brasil, de imediato, acho que seria muito grande o risco de tentar-se uma transformação deste nível.

Felizmente, não está em vista no momento esta questão. Há dois anos, talvez estivéssemos correndo um risco maior que hoje nesta questão de patentes.

Outro ponto é a questão de reserva de mercado. Quando Cassiolato e eu estávamos fazendo a pesquisa que redundou naquele livro, mantivemos contato com muitas empresas, a maioria estrangeira e algumas poucas brasileiras atuando na área de biotecnologia. Das estrangeiras, a maioria não trabalhava ainda, no Brasil, com biotecnologia. Houve dois aspectos de consenso entre todas as empresas estrangeiras: sobre o papel do Governo, do Estado, em biotecnologia, diziam “nenhum”. Ou seja, defendiam o liberalismo, de forma mais forte ainda por parte das empresas norte-americanas. Quanto a sistema de patentes, as empresas dos EUA achavam que devia haver algum, mas ninguém era muito rígido. Até houve uma grande empresa européia que disse que “para nós, esta questão de patente é secundária. Não é o ponto principal”. Outra coisa, que os apavorava tremendamente, era a possibilidade de uma reserva de mercado em biotecnologia. Tenho, particularmente, muito receio de que se tente generalizar, para a biotecnologia, a reserva de mercado. Acho muito vago se querer fazê-la para a biotecnologia como um todo. Há outra forma para o Estado de fato deter ou estabelecer uma reserva de mercado (embora o termo seja, politicamente, muito forte): seria o estímulo às empresas nacionais, o poder de compra do Estado, o poder de financiamento do setor agrícola, por exemplo, através do Banco do Brasil (financiando só produtos oriundos de empresas nacionais — e aí precisaria haver conceituação clara do que é empresa nacional, participação majoritária, etc). De qualquer forma, a generalização do conceito de reserva de mercado é um pouco problemática para a área de biotecnologia. Pode ser até que convenha fazer reserva de mercado num campo bastante específico. Pode-se fazer isto.

Outro ponto que me preocupa, e que fica naquela de “se correr o bicho pega, se ficar o bicho come”, é a possibilidade de irmos a matar nossas galinhas dos ovos de ouro. É a questão de consenso, hoje, de termos de massa crítica muito reduzida, ou não termos massa crítica ainda, no Brasil, para desenvolver um programa. Tomando o nosso potencial de pesquisa hoje, o número de pesquisadores em todas as áreas, e comparando-o a uma das maiores empresas de biotecnologia, como a Genentek, veremos que o nosso total de PhDs é menor que o desta única empresa norte-americana. Aqui, de repente verificamos que, retirando Rui Caldas, Morel e outros das universidades — estes nomes de destaque, enfim —, começaremos a ter um problema de formação de pessoal. Por outro lado, se estas pessoas não começarem a trabalhar em empresas, a sentir como é o processo, também, dentro de uma perspectiva razoável de tempo — até o final deste século —, nada poderemos fazer. Dependemos, novamente, de importar cérebros. Vamos pensar nisto, poderia ser esta uma estratégia para o país: em alguns segmentos, importar

pesquisadores para o nível empresarial. Isto, sabendo que as pessoas que nos interessam são pagas com salários altíssimos, no padrão do mercado do Hemisfério Norte. Mas, em casos de projetos industriais, isto se justificaria. Hoje não haveria condições de se trazer pessoas, por exemplo, para a universidade, em função dos salários. Seria impossível trazer um bom pesquisador de universidade estrangeira para trabalhar no Brasil, pelos padrões salariais dos nossos professores universitários. Só estou levantando um ponto, aqui, que acho bastante problemático. A solução não é tirar as pessoas das universidades, mas este risco existe em função das condições de trabalho nas nossas instituições universitárias. Com isto, a gente estaria matando realmente os melhores reprodutores.

Bom, aí, tentando chegar um pouco aos planos estaduais, vejo com bons olhos iniciativas que tentem estabelecê-los. Agora, tenho algumas preocupações em relação a isto. Acho que, antes de estabelecer um plano (estadual, regional), temos de saber com que base contamos em recursos humanos, infra-estrutura empresarial dentro do modelo de mercado em que o Brasil vive. Também, qual a disponibilidade que temos, em recursos, para tentar trabalhar com o programa: a que metas se quer chegar e em que prazo. Biotecnologia é campo muito amplo, pega diversos segmentos — biometalurgia, energia, química, agricultura (que, sozinha, é um vasto campo), pecuária, bioeletrônica, etc. Só vocês, paranaenses, conhecem a realidade, a economia do Estado a ponto de poderem definir quais são os segmentos prioritários num determinado horizonte. Lembro o dado sobre o qual Rui Caldas falou: o número de pesquisadores nos países fora os desenvolvidos seria 0,5%, tendo o Brasil 0,1% (contra 99,5% dos outros países). Mesmo países como os EUA e o Japão, que vêm investindo muito em biotecnologia, têm suas prioridades. Há campos em que estão atacando com mais força, enquanto outros são ainda meramente especulativos — como é o caso da área de biochips. São coisas ainda especulativas, muito futuristas ou com incertezas.

O segundo ponto está na já tradicional dificuldade de entrosamento entre universidade, instituto de pesquisa e setor produtivo, especialmente entre a primeira e o terceiro. Existe, no Brasil, uma certa ojeriza do pesquisador de universidade trabalhar com empresa: acham que isto é vender a alma ao diabo. Por outro lado, o empresário também não gosta muito de trabalhar com o pesquisador universitário, porque o considera um sonhador, completamente fora da realidade. Ao pesquisador que está numa universidade ou num instituto que não seja privado, falta, via de regra, uma experiência em gerenciamento de projetos. Falta-lhe a noção de um *scale-up* da passagem daquilo de um laboratório para um pré-projeto. Muito menos, conhece a realidade toda de uma administração empresarial, de como funciona uma empresa. Se um projeto não dá certo, qual é a resposta de uma empresa? Que prazo tem, quais são seus objetivos e metas? Infelizmente, não acredito que estas dificuldades vão ser fácil ou rapidamente superadas.

Foi muito bom o que falou Rui Caldas, em termos do que deveria existir na Constituição: em princípio, todo mundo é honesto, dentro de um certo padrão que, teríamos dificuldade em delimitar, no nosso tempo, hoje. Há necessidade, na hora em que você quer fazer um programa, de apostar em determinados projetos. Deve determinar alguns em que acredite, que discuta amplamente, democraticamente e, a partir disto, aposte. É você juntar um grupo de pesquisa de determinada universidade ou instituto tecnológico a uma empresa, ou empresário — há os que têm um certo dinamismo. Trata-se de apostar em alguns projetos, dos quais, pode ser, um, dois ou três dêem errado. Agora, o quarto, se der certo, pagará o investimento feito nos anteriores. O problema é delimitar quais são estes projetos. Agora, afóra a

forma de apostar em projetos, é difícil conseguir algum resultado. Se temos tido, no Brasil, alguns avanços em tecnologia em geral é porque, de uma forma ou de outra, alguém apostou em projetos. Ou o Estado bancou — em geral é assim — ou, no caso específico da microeletrônica, biotecnologia, como os investimentos não têm retorno a curto prazo, só se desenvolverá com apoio do Estado. Estou falando de maneira geral, porque podem haver projetos específicos, como de produção de mudas de morango que, com tecnologia dominada, envolvem apenas produção e venda. Mas, via de regra, investimentos em biotecnologia não têm resultado a curto prazo.

Falo em coisas realmente significativas. A nível estadual, não é o caso de se preocupar com coisas marginais; a nível microeconômico, de empresa — talvez sim. Nos níveis estadual e federal, se a gente pensa a longo prazo — daqui a 10, 20 ou 30 anos —, numa capacitação produtiva que tem atrás boa base científica, é necessário correr riscos. Há hoje muito poucos empresários nacionais em condições de bancar projetos a longo prazo, na área de desenvolvimento tecnológico. Então, há necessidade de um aporte do Estado e para isto acho que inclusive um Estado sozinho muito dificilmente teria condições para tal. Por isto acho que, definidas as prioridades, há necessidade de um apoio financeiro do governo federal para projetos desta natureza.

Quero, ainda, fazer dois comentários sobre o que falou Rui Caldas. Quanto à questão de celulase, não há dúvida de que é, hoje, a grande atenção dos países do Hemisfério Norte. Por uma razão muito natural: não existe, além de nos EUA, no Canadá e na URSS, grande quantidade de terras aráveis disponíveis. E a reserva de material celulósico, não estou agora com os dados, mas deve ser algo da ordem de mil vezes superior à ordem e grandeza de materiais sacaríneos e amiláceos. Está-se investindo muito para descobrir celulase, ou obtê-la com efeitos mais eficazes, principalmente para obtenção de álcool.

Quanto à energia — acho isto um pouco de exercício de futurologia. Estudos mostram que as reservas que há na terra, na geosfera, obtidas através da transformação de biomassa (petróleo, gás, carvão), são suficientes ainda por um bom período. Pelo menos até 2030 ou 2040. Hoje em dia não há muito questionamento se haverá ou não falta de petróleo. Até lá existem outras alternativas, não sei se a humanidade deve pensar a longo prazo em produzir um combustível para automóvel queimar. No futuro existem alternativas — como já se pesquisa hidrogênio e, mais adiante, a própria fusão nuclear e outras células combustíveis. Agora, a celulase para produção de álcool, a partir de materiais celulósicos, acho que tem uma importância muito grande, mas não para combustível. Sou contra o álcool como combustível. Há uma preocupação muito grande com insumo, justamente para todo o processamento da indústria química, a partir da própria biotecnologia.

Rui Caldas abordou a possibilidade de o Estado, aqui, produzir alguns insumos para biotecnologia (não sei se entendi bem, mas acredito que alguns reagentes, enzimas de restrição). Não sei, realmente, se o Estado do Paraná teria capacidade para tal, hoje. Se seria esta a sua vocação. Era isto.

*Rui Caldas*

Insumos, sim. O Estado tem um dos bons núcleos de Enzimologia do país. Foi aqui, praticamente, que nasceu a moderna Bioquímica brasileira.

Outra observação: quanto ao plano estadual, comentou-se a não necessidade de preocupação com coisas marginais, como micropropagação. Hoje, a experiência americana e inglesa, com as companhias de biotecnologia aplicada à agricultura, prova que aquilo lá virou um elefante branco, porque justamente eles começaram lá do *top* — DNA recombinante, etc., coisas que

não deram retorno. Apesar dos milhões investidos, hoje o *PCI* — um centro de desenvolvimento dos mais avançados da *Arcocid* —, conforme me garantiu há uns 10 dias seu vice-presidente, vai fechar. Então, acho que começar pelas coisas que resolvem problemas concretos, imediatos, cuja base teórica da tecnologia já está pelo menos assentada, significa um grande potencial: por exemplo, micropropagação de essências florestais. Exemplo clássico, que o Sylvio Péllico conhece bem, é a Aracruz, hoje líder mundial em produção de celulose, graças a um processo de micropropagação por enraizamento. Nem foi por cultura de tecido. A *Wear House*, no Estado de Washington (EUA), é hoje a companhia líder de produção de celulose nos EUA, também por um trabalho todo de micropropagação. Assim, acho que são tecnologias simples, mas que dão respostas imediatas. Acho que todo plano estadual deve conter elementos que dêem resposta imediata. Obviamente, deve conter também ingredientes básicos, para que não se perca apenas no processo aplicado.

*Wanderley Anciães*

Talvez eu tenha transmitido da forma que não queria. Não penso assim. Não estou defendendo que se invista naquela parte da biotecnologia dita mais avançada, ou em DNA recombinante. Há muito a ser feito e talvez eu não tenha me expressado exatamente como queria. Tenho até receio de falar em biotecnologia tradicional, porque muitas vezes traz conotação de velha, ultrapassada e não é. Em Química, na área de fermentação, por exemplo, existe muito ainda a se fazer, por processos ditos clássicos.

*Luis Antonio Barreto  
de Castro*

Quando em falei, mais cedo, na importância do desenvolvimento da biologia tropical para este país, quis dizer exatamente o seguinte: foi uma coincidência o fato de o mundo ter esquecido as plantas. Com o desenvolvimento da bioquímica vegetal no mundo, os enfoques em nível molecular, para melhoramento de plantas, nos últimos 40-50 anos, para sorte de países como o Brasil — que tem recursos genéticos vegetais muito ricos —, tiveram desenvolvimento muito aquém do possível. Os países desenvolvidos se preocuparam mais com a área de saúde, fizeram investimentos pesados em câncer e se esqueceram um pouco da parte de biologia molecular vegetal. Isto nos abre possibilidade de investir na área. Quando falo do desenvolvimento da biologia tropical, o faço de maneira ampla, não me refiro só à tecnologia do DNA recombinante. Acho é que o melhoramento genético tem possibilidades de enfocar problemas tradicionais por técnicas que não são só as convencionais. Não quero dizer, com isto, que o melhoramento genético de plantas deva ser deixado de lado, mesmo porque será sempre o caminho para se chegar a novos cultivares, etc. Quero dizer é que o Brasil tem um espaço aberto, muito importante para começar a investir em bioquímica, em fisiologia e em biologia molecular. Um programa de desenvolvimento da biotecnologia tem que considerar metas a curto prazo — como o Rui colocou e com o que concordo plenamente, porque são viáveis —, mas tem que pensar no futuro. Hoje de manhã, um professor me chamou a atenção para este ponto: o que se tem de fazer é planejar um pouco o futuro, também. O mundo não vai aumentar de tamanho. As terras mais favoráveis, férteis, estão sendo usadas. Então, vamos ter de produzir mais alimentos em condições piores. Isto acontecerá, inevitavelmente. Teremos de produzir em condições de alta salinidade, regiões mais áridas, de PH ácido, de toxidez de alumínio. Estas pesquisas vão funcionar, concordo, provavelmente no próximo século, em termos de resultados. Mas a gente tem de começar a fazer agora. Não há saída para este tipo de problema, senão usando técnicas moleculares, senão



através da fisiologia e da bioquímica. Se o Brasil simplesmente deixar de lado o desenvolvimento desta área — ainda passível de acesso, por estar sendo desenvolvida por universidade; os melhores trabalhos de resistência seca, por exemplo, estão na Universidade de Michigan (EUA) — o Brasil perderá a oportunidade de ser um acionista deste desenvolvimento. Será simplesmente consumidor, se não investir nestas áreas importantes, que considero de fronteira mas que não vão dar resultados a curto prazo. Se a gente não fizer este investimento agora, o Brasil certamente perderá competitividade na área de Agricultura. Assim, enfatizo a necessidade de qualquer programa de biotecnologia dar destaque não só à tecnologia mas, também, ao desenvolvimento científico. Esses enfoques no nível molecular nos permitirão produzir plantas resistentes a doenças, salinidade, altos níveis de alumínio, PH baixo, etc.

Curiosamente, o mundo hoje não sabe por que uma planta é resistente à seca. Ninguém, no mundo, sabe o que faz, no nível molecular, uma planta ser resistente à seca ou a uma determinada doença. Há um completo abismo, a nível de conhecimento científico, nesta área. Acho que o Brasil tem que pensar em resultados a curto prazo (cinco-seis anos), médio (12 anos), mas tem também que investir no que vai acontecer daqui a 20 anos. Isto, para nós, é possível. Se não o tivermos em mente agora, daqui a 20 anos será muito tarde.

# GRUPOS DE TRABALHO

*Sylvio Péllico Netto*

Iniciando o trabalho de discussão, convido o Grupo de Agropecuária. Temos 30 minutos, no máximo, para que cada grupo apresente seus resultados, antes do horário previsto para o encerramento.

## BIOTECNOLOGIA E AGROPECUÁRIA

*João Manetti Filho*

(Pesquisador da área de  
Fisiologia Vegetal do IAPAR)

Identificamos, no nosso grupo, algumas questões de âmbito geral que, provavelmente, virão a ser discutidas também nos outros grupos. São estas:

- a) identificar os centros de pesquisa e desenvolvimento em biotecnologia e divulgar o que cada um está fazendo, em que produto está trabalhando, prazos para término dos projetos e outras informações que sejam de interesse geral. O objetivo é o de facilitar o intercâmbio entre as equipes, a nível estadual. Colocamos, como sugestão, que este trabalho seja promovido pelo CONCITEC e, também agora, por este novo órgão, o CITPAR;
- b) promover cursos de treinamento e pós-graduação na área de biotecnologia, no Estado do Paraná. Dar incentivos às universidades paranaenses para implantação de cursos de treinamento rápido, até de pós-graduação;
- c) incentivar os centros em atividade e apoiar os emergentes, de biotecnologia, no Estado;
- d) incentivar o desenvolvimento de recursos humanos, através de bolsas de estudo para cursos de curta duração e pós-graduação no Brasil e no exterior;
- e) incentivar programas conjuntos entre universidades, institutos de pesquisa e empresas;
- f) apoiar os departamentos de Bioquímica e Fisiologia Vegetal nas universidades paranaenses, dada a importância que têm essas disciplinas para a cultura de tecidos, principalmente;
- g) incentivar o desenvolvimento de insumos para biotecnologia no Paraná (reagentes, hormônios, vitaminas, enzimas, etc.);
- h) evitar a sazonalidade de distribuição de recursos para programas em biotecnologia, pelo fato de serem, normalmente, programas com retorno a médio ou a longo prazos. Tem-se observado que, à medida que surgem alguns programas, existe abundância de distribuição de recursos, mas não há continuidade nessa distribuição.

Quanto às linhas de ação para a Agropecuária, detivemo-nos apenas à agricultura, dada a existência de um outro grupo para Saúde Animal. As linhas de ação para a agricultura foram divididas em curto, médio e longo prazos.

- a) **curto prazo** – regeneração de plantas de cultura de tecidos. Estudos de embriogênese e organogênese, para plantas e culturas de interesse do Estado, e que não tenham tecnologia e metodologia definidas. Métodos de obtenção de plantas livres de doenças (vírus,

- bactérias, micoplasmas) e também propagação clonal. Estudos sobre a origem da variação somaclonal, métodos de indução e variabilidade e seleção de células *in vitro* para obtenção de plantas resistentes a pragas, doenças e *stress* ambiental. Resgate do embrião imaturo, visando ao aproveitamento de cruzamentos interespecíficos e intergenéricos. Métodos mais eficientes de obtenção de haplóides, cultura de anteras. Produção de anticorpos monoclonais para diagnósticos. Seleção e melhoramento de estirpes de endo e ectomicorrizas. Fixação de nitrogênio. Seleção de *Rhizobium* mais eficiente, manutenção de germoplasma e de *Rhizobium in vitro* e métodos de produção de inoculantes de alta qualidade. Obtenção de estirpes fracas de vírus para pré-imunização de plantas perenes. Reaproveitamento de resíduos agrícolas,
- b) **médio prazo** – métodos de produção de bio-inseticidas, ou seja, fungos, vírus, bactérias e toxinas. Métodos de controle biológico de ervas daninhas – utilização de fungos, bactérias e outros organismos que tenham efeito sobre o controle de ervas daninhas. Produção de inoculantes de endo e de ectomicorriza. Estudos de fertilização *in vitro*, ou seja, cultura de óvulos para plantas com incompatibilidade sexual;
- c) **longo prazo** – utilização das técnicas do DNA recombinante: aumento da qualidade de proteínas de armazenamento; melhoria da eficiência fotossintética; aumento da fixação de nitrogênio e transferência das características dos gens de fixação de nitrogênio para plantas que não tenham a capacidade de realizar a fixação simbiótica do nitrogênio; quanto à resistência aos fatores ambientais e quanto à resistência a pragas e doenças. Técnicas de manipulação de protoplasto: fusão do protoplasto; microinjeção para transformação dos protoplastos em óvulos; e incorporação de DNA, fragmentos de cromossomo, vírus e organela. Métodos de isolamento, síntese e veiculação de ferormônios.

## Debate

Luiz Antonio Domakoski  
(IPARDES)

Do ponto de vista de capacitação científica, o Paraná tem hoje condições de desenvolver essas linhas de pesquisa e de ação sugeridas pelo grupo? Ou os investimentos em capacitação humana precisam ser muito altos?

João Manetti Filho

*Não tenho muito conhecimento do estágio atual da biotecnologia no Paraná. Tanto estamos carentes desse tipo de informação que colocamos a questão como primeiro item. Posso falar um pouquinho em termos de IAPAR. O projeto IAPAR começou a ser implantado em 1980 e, hoje, temos um laboratório que consideramos dos melhores do país em cultura de tecidos. Conhecemos o Centro de Biotecnologia de Piracicaba, o pessoal da UNICAMP, da CEPLAC, de Pelotas, e não há laboratório nas condições do do IAPAR. Na equipe de técnicos, trabalhamos eu e o Luiz Gonzaga. Temos 11 pessoas de apoio e estamos orientando, atualmente, 15 alunos da universidade para estágio de graduação ou extra-curricular. Com relação às linhas apresentadas, já dominamos regeneração de plantas (café e outras espécies). Quanto à limpeza de vírus, temos aqui a relação dos materiais com que trabalhamos, com sucesso: alho, maçã, citros, batata, morangueiro, batata-*

*doce e mandioca. O IAPAR conta com um banco de germoplasma – o maior do país em mandioca – com 500 introduções, enquanto o CENARGEN tem 180. Estamos trabalhando também com micropropagação de progênes de café, resistentes ao ataque de nematóide e micropropagação de plantas matrizes de citros.*

*Quanto à genética in vitro, temos atualmente três milhões de embriões de café, visando criar tolerância à geada, e um projeto inicial em feijão, para transferência de gens de resistência de variedades selvagens para variedades comerciais, através da cultura de óvulos. Outra linha em desenvolvimento é a manutenção de banco de germoplasma de nematóide in vitro. Produção de anticorpos monoclonais, seleção e melhoramento de estirpes de endo e ectomicorriza é trabalho que deveremos começar em futuro próximo. A obtenção de estirpes fracas de vírus é outro trabalho em andamento no IAPAR.*

*Quanto à produção de bio-inseticidas, estamos trabalhando para a obtenção em grande escala de fungos, vírus, bactérias e toxinas.*

*Estudo de fertilização in vitro é outra linha que estamos desenvolvendo em conjunto com o Departamento de Bioquímica da UEL que está purificando as enzimas necessárias para obtenção do protoplasto.*

*De todas as linhas apresentadas no relatório do grupo de Agropecuária, eu diria que mais de 90% nós temos condição de realizar no IAPAR. Agora, temos um problema sério, falta de pessoal. O IAPAR, com este Conselho Deliberativo de Pessoal – CDP – em cima, não consegue contratar, ninguém. O que fizemos? Temos um laboratório razoavelmente equipado, cinco câmaras de fluxo laminar, ótimas condições de assepsia, condições de cultura pelas quais estamos obtendo bom crescimento. Então, começamos a abrir e trabalhar com estagiários. Estamos treinando pessoal e conseguindo tocar nossos projetos, que estavam todos parados. Temos 15 estagiários da universidade, todos com projetos para duração de um ano. Para alguns já conseguimos bolsas no CNPq, o que nos deixa um pouco mais à vontade. Vamos agora pedir bolsas ao CONCITEC. Mas, o programa é vulnerável, sabemos dos riscos que corremos. Por princípio, sou contra essa situação de utilizar o estagiário como mão-de-obra, mas não temos saída. Ou fazemos isto, ou nada fazemos.*

## BIOTECNOLOGIA E ALIMENTAÇÃO

*Gilvan Rosiack*

(Departamento de Tecnologia  
de Alimentos da UEL)

Tivemos hoje, no Grupo de Biotecnologia e Alimentação, duas preocupações básicas a serem resolvidas. Primeiro, houve necessidade de definição, por parte do grupo, sobre qual seria a área de abrangência do tema. Verificamos que a biotecnologia de forma geral, hoje, como é vista, é bem mais ampla do que a engenharia e a microbiologia reunidas – que davam a tecnologia das fermentações. Com o advento da engenharia bioquímica, a amplitude da biotecnologia é maior – fica tão ampla a ponto de envolver exemplos típicos de microbiologia industrial ou de tecnologia de fermentação, antigos, numa ciência – digamos assim – puramente empírica e inicial.

Verificamos que há necessidades de se dar ênfase, dentro da biotecnologia, à produção, mas não só de alimentos – o que seria puramente a tecnologia de fermentações – como, também, de metabólicos secundários e, não raro, de células. Neste aspecto, falamos de produção de proteínas unicelulares ou agora, mais recentemente, de lipídios unicelulares. Vemos esse

conjunto como inerente à parte de alimentação. Não sei se metabólicos secundários ou células constituirão parte de programa de outros grupos, mas nós colocamos no de Alimentos.

Dentro da área, estamos incluindo a preservação de alimentos por fermentação propriamente dita (laticínios, carnes, frutas, hortaliças, cereais e raízes), chegando a um ponto meio tradicional, das bebidas (cervejas, vinhos e destilados, mas com características tão próprias que quase não incluímos em biotecnologia ou em suas pesquisas). Quem trabalha com cerveja, já está praticamente num mundo à parte; com vinho, idem.

Os metabólicos secundários que relacionamos seriam enzimas, vitaminas, ácidos, lipídios, proteínas, antibióticos, hormônios — para citar apenas alguns mais comuns. Retiramos, neste momento, assuntos como, por exemplo, álcool que, por ter forte importância energética, será tratado pelo Grupo de Energia; células ou vacinas, pelo Grupo de Saúde e bioconservadores, por outros grupos.

Temos, como uma proposta de programa, a utilização de processos tecnológicos visando ao melhoramento do nível alimentar da população e à ampliação da oferta de produtos tecnológicos. A partir daí, temos os seguintes subprogramas:

- a) a capacitação de recursos humanos. Dentro disto, reportamo-nos à formação de elementos capacitados em diferentes níveis: técnico, acadêmico ou pós-graduado, especializado em determinados tipos de processos biotecnológicos, podendo isto ocorrer a nível nacional e internacional. Como algo que já existe ou pode ser imediatamente implantado ou implementado, a criação de disciplinas em cursos previamente existentes, já relacionados à área, potencializando recursos humanos já existentes e a formação de novos técnicos. Isto já existe na UFPR, em termos de cursos de pós-graduação, e na UEL, onde todos os cursos relacionados à área promovem cursos de biotecnologia;
- b) impulso à pesquisa e ao desenvolvimento, incluindo desde ciência básica até desenvolvimento de novos produtos, visando melhorar o nível alimentar da população;
- c) instalação de indústrias em biotecnologia, enfatizando-se a necessidade de incentivos, infra-estrutura, e utilizando, preferencialmente, as unidades paralelas já existentes, capazes de solucionar problemas de natureza ambiental ou, pelo menos, permitir a utilização de resíduos industriais ainda energeticamente viáveis;
- d) difusão da informação tecnológica, através da criação de bancos de dados, integração dos setores científicos e produtivos e promoção de intercâmbios científicos nacionais e internacionais.

## BIOTECNOLOGIA E MEIO AMBIENTE

Maria Lucia M. B.  
de Medeiros  
(SUREHMA)

Foram feitas oito propostas que abrangem a questão do meio ambiente e três outras que envolvem a biotecnologia ao nível genérico:

- a) desenvolvimento de programas de microbiologia na recuperação de solos, em cumprimento à legislação vigente;
- b) avaliação do comportamento da flora e fauna microbianas, em áreas de várzeas agricultáveis, tendo em vista que o Estado tem uma programação para aproveitamento de várzeas;

- c) desenvolvimento de projetos de biodeteção, na determinação de índices de poluição no solo, ar e água. Seria o desenvolvimento de mecanismos biológicos que possibilitassem o estabelecimento de níveis de poluição, pelo efeito que os poluentes causam nos organismos. Até o momento, o que se tem é uma avaliação do efeito da poluição através de parâmetros físico-químicos, mas a prioridade é desenvolver índices de poluição baseados em organismos ou em parte de organismos – como é o caso de enzimas, capazes de avaliar a presença de substâncias tóxicas no meio, principalmente na água (A SUREHMA já tem alguns trabalhos dentro dessa linha);
- d) determinação de métodos de controle de poluição por mecanismos biológicos, de uso de espécies vegetais no controle de poluição, por exemplo, das águas através de filtros biológicos, como aguapé;
- e) desenvolvimento de projetos com bio-indicadores, na determinação de índices de toxicidade de produtos agrotóxicos e outros biocidas. Classificar o impacto que determinados produtos causam ao ambiente, através do efeito produzido nos organismos que vivem neste meio;
- f) amparo a projetos de pesquisa, na determinação de controles biológicos de vetores de doenças para o homem. A SUREHMA vem atuando no controle biológico, através do desenvolvimento do *Bacillus Thuringiensis*, para controle de borracho – vetor de doença ao homem – registrado em pelo menos 20 municípios do Estado;
- g) desenvolvimento de programas em microbiologia e bioquímica de processos aeróbios e anaeróbios no tratamento de resíduos poluidores de rios;
- h) incentivo à criação de um banco de cepas anaeróbicas, em atendimento à necessidade de instalação de sistemas de tratamento que utilizam esse tipo de processo. Formação de um banco capaz de fornecer a indústrias que têm um determinado tipo de despejo, a possibilidade, pela obtenção de cepas, de instalar um processo de tratamento que diminuirá sensivelmente o seu potencial poluidor.

Reiteram-se aqui as seguintes propostas apontadas pelos dois grupos anteriores: coordenação de programas na área de biotecnologia, a nível estadual, levantamento, pelo CONCITEC, de entidades e projetos de biotecnologia no Estado e uso de recursos informáticos na divulgação e repasse de informações sobre biotecnologia a nível estadual.

## BIOTECNOLOGIA E RECURSOS FLORESTAIS

Mário Takao Inque  
(UFPR)

Este grupo manteve sua atuação sobre dois níveis, em termos de diretrizes para a formulação de um plano de biotecnologia em recursos florestais.

### Político-institucional

- a) criar uma coordenação central de todas as atividades referentes à biotecnologia em recursos florestais para evitar pulverização tanto de recursos humanos quanto financeiros e instrumentais, no que se refere à execução das atividades. A coordenação deveria ser formada por um grupo heterogêneo, na forma de uma subcomissão da Comissão de Biotecnologia do CONCITEC. Ela

- seria formada por elementos advindos de todos os setores que trabalham em Biotecnologia (como UFPR e EMBRAPA e, nos privados, Klabin e PISA, que já estão iniciando atividades na área). Essa subcomissão teria, como áreas de atuação, a formulação de prioridades, de planos de pesquisa e de programas em investigação e produção industrial. Faria o trabalho de aproximação entre a indústria, a universidade, a instituição de pesquisa e a empresa;
- b) captar recursos locais para investimentos em pesquisas, desenvolvimento e transferência de tecnologia – Instrumentos de viabilização: CONCITEC, ITCF, IF, SEAG e setor privado;
  - c) formar massa crítica e mão-de-obra especializada – Instrumentos: treinamento de especialistas brasileiros em centros desenvolvidos; equipar, ampliar e implementar condições de trabalho nos laboratórios já existentes; implementar programa curricular de engenharia florestal no tocante à área de biotecnologia; incentivar programas de estágio em instituições de pesquisa e em empresas;
  - d) disciplinar evasão para exterior de tecnologia autóctone – Instrumentos: mecanismos legais que disciplinem a evasão para o exterior de material e tecnologia autóctone;
  - e) centro de pesquisa em tecnologia de produtos florestais – Instrumentos: criar dentro da estrutura do atual TECPAR, uma divisão que trate do assunto, nos moldes do IPT/SP.

#### Execução

- a) prioridades no âmbito da investigação científica – Metodologia de regeneração de plantas (micropropagação), incluindo conservação de germoplasma, melhoramento genético florestal e ensaios experimentais de campo; associações simbióticas, entre as quais micorrizas, *Rhizobium*, *Franchya* e outras; biodegradação enzimática da lignina; biodegradação da madeira para obtenção de álcool; controle biotecnológico de pragas e doenças em árvores. A investigação deverá estar prioritariamente concentrada naquelas espécies já usadas em escala comercial, como por exemplo, *Pinus taeda*, *P. elliottii*, *Eucalyptus viminalis*, *E. dumii*. Espécies nativas de interesse deverão estar em pauta, por exemplo *Araucária angustifolia*, erva-mate e bracatinga;
- b) prioridades no setor produtivo e de desenvolvimento – Transferência efetiva ao setor privado da tecnologia desenvolvida nas instituições de pesquisa; regulamentar a utilização de classes em larga escala de modo a minimizar os riscos ecológicos; incentivar o setor privado no desenvolvimento de processos industriais.

## BIOTECNOLOGIA E ENERGIA

Flávio F. de Moraes  
(UEM)

A proposta fundamental se baseia num modelo integrado de desenvolvimento de ciência e tecnologia. Esse modelo é composto de um nível de coordenação, um de geração de tecnologia e um de utilização da tecnologia gerada. Para que se consiga chegar a resultados positivos, é necessário haver perfeita integração desses níveis de execução. Haveria um órgão de coordenação e fomento, geral; universidades e institutos

de pesquisa trabalhando conjuntamente, integrados a empresas que desenvolvem processos e produtos, e finalmente a empresa usuária da tecnologia. Especificamente em biotecnologia-energia, as diretrizes, estratégias que procuram responder o quê fazer e como, estão divididas em: coordenação, geração, utilização e principais produtos e processos.

#### Coordenação

- a) criação do fundo de tecnologia estadual. O Paraná deve ter certa independência de recursos para realmente apoiar o desenvolvimento de projetos;
- b) reativar, via CONCITEC, o cadastramento de grupos de pesquisa, envolvendo pesquisadores, pesquisas e entidades, com o objetivo de integrá-los para um melhor desenvolvimento dos trabalhos;
- c) na área biotecnologia-energia, necessita-se de um planejamento energético que regionalize o potencial e as soluções energéticas.

#### Geração

- a) consolidar os grupos de pesquisa das universidades e de institutos já existentes, apoiando os projetos em desenvolvimento (com recursos para equipamentos, material de consumo, complementação salarial), a reciclagem dos já formados, via cursos, estágios e seminários, a nível nacional e internacional, e a formação de novos recursos humanos, via estágios, especialização, mestrado e doutorado. Recomenda-se, ainda, o treinamento pelo menos de uma pessoa, dentro de cada grupo de pesquisa, como administrador de desenvolvimento de ciência e tecnologia no Programa de Treinamento em Administração de Pesquisa Científica e Tecnológica - USP;
- b) apoiar grupos emergentes, seguindo a mesma orientação dos grupos já existentes.

#### Utilização

- a) integrar universidade-instituto de pesquisa. Isto pode ser alcançado através de debates técnicos e intercâmbio de pesquisadores;
- b) estimular a consultoria técnica, experiência vantajosa para o pesquisador e para a empresa;
- c) estimular a empresa e aplicar recursos próprios em pesquisa e desenvolvimento, criando incentivos e contratos de risco.

#### Principais produtos e processos

- a) combustíveis líquidos. Destaca-se o álcool como o mais importante, hoje. A produção de matéria-prima, no caso, é a cana ou a mandioca, muito pouco desenvolvida em termos de sua utilização para produção de álcool. A própria produção de cana ainda pode ser melhorada. Da mesma forma a própria tecnologia de produção de álcool deve ser aperfeiçoada, da fermentação à destilação. Ainda, novas tecnologias têm de ser consideradas, por exemplo, o uso de enzimas para produção de álcool a partir da mandioca ou do bagaço de cana; o uso de enzimas imobilizadas, outra tecnologia, mais avançada, em fase de desenvolvimento em Maringá; butanol



como substituição ao *diesel* (processo de fermentação acetona-butanol, que está sendo intensamente pesquisado no exterior) e óleos vegetais. Quanto à utilização deste energético, novos motores mais eficientes;

- b) combustíveis sólidos. Têm-se lenha, bagaço de cana e resíduos agrícolas de modo geral. No desenvolvimento de tecnologia, a própria produção da lenha requer um estudo da avaliação da disponibilidade dos recursos florestais, para que possam ser formulados programas de desenvolvimento de florestas energéticas, por exemplo. Na tecnologia de produto energético, há dúvidas quanto à conveniência e utilização de enfardamento e peletização; por exemplo, *pellet* é extremamente prático no uso da combustão fluidizada. Também é possível a conversão da lenha ou do bagaço em combustível líquido: tecnologia enzimática de conversão de resíduos celulósicos em combustíveis líquidos. Isto já está sendo pesquisado, de certa forma, na UEM e um pouco na UFPR. Ainda, a utilização desses energéticos na combustão em caldeiras mais eficientes e na avaliação de mercados;
- c) combustíveis gasosos. Citam-se o biogás e o hidrogênio, este com possibilidade de utilização mais a longo prazo. Para a produção de biogás, a matéria-prima pode ser dejetos de natureza urbana ou agrícola ou industrial. As pesquisas voltadas à produção desse energético estão avançadas, resta avaliá-las na implantação em grande escala. Novas tecnologias de armazenamento desse energético estão sendo desenvolvidas, por exemplo na UEM. Por outro lado, deve-se aperfeiçoar motores que possam utilizar biogás, tanto no meio rural como no transporte urbano.

## BIOTECNOLOGIA E SAÚDE E REPRODUÇÃO ANIMAL

Juan Antonio Saúde  
Montaño Hirose (TECPAR)

- a) implantação de programas em diagnóstico para identificação e mapeamento das doenças infecto-parasitárias no Estado do Paraná;
- b) implementação da pesquisa em diagnóstico e profilaxia das doenças prioritárias;
- c) incentivo à produção de insumos básicos, com antígenos, conjugados e outros reagentes biológicos assim como vacinas convencionais e quimioterápicos;
- d) incentivo à produção de vacinas e sondas moleculares pela tecnologia de engenharia genética;
- e) produção de híbridomas e anticorpos monoclonais.

### Reprodução

- a) avaliação dos parâmetros produtivos e reprodutivos para identificação de genótipos superiores em espécies de interesse econômico;
- b) implantação de programas de melhoramento genético (testes de progênie);

- c) incentivo à produção de insumos, como hormônios;
- d) implantação de laboratórios de genética animal (cariotipagem, tipificação sanguínea, sexagem, anticorpos monoclonais e engenharia genética);
- e) fomento de processos biotécnicos em reprodução animal (inseminação artificial, sincronização de cio, transferência de embriões, etc.);
- f) criação de bancos de germoplasma de espécies e raças de interesse do Estado.

## BIOTECNOLOGIA E SAÚDE HUMANA

*Armando Raggio*

(Diretor Superintendente da  
Fundação de Saúde Caetano  
Munhoz da Rocha)

De todos os grupos que se apresentaram neste seminário, a área de Saúde é a menos desenvolvida em biotecnologia. O setor de Saúde é muito comprometido com a prestação-fim de serviços. Os recursos clássicos de tratamento e prevenção não têm qualquer aprofundamento, em que pese a história da pesquisa paranaense já ter produzido contribuições importantes no campo clássico da biologia aplicada à Saúde.

Constatada a precariedade na área de Saúde, a sugestão é que o grupo se consolide – não como mais uma instância –, que se articule repetidamente em termos do debate aqui feito. Que se forme um grupo de Biotecnologia em Saúde, quem sabe obedecendo já a um compromisso de que, com o apoio do IPARDES, do BADEP, do CONCITEC, da SEPLAN, da SESB, se realize um Simpósio de Ciência e Tecnologia aplicadas à Saúde.

As principais medidas para a área de Biotecnologia e Saúde são:

- a) criação no CONCITEC de um sistema de importação de insumos básicos para biotecnologia e para pesquisa em geral, uma vez que cada governo estadual pode importar equipamentos e insumos até certo limite, conforme seu interesse estratégico não desobedecendo ordens gerais da União;
- b) normatização do controle de qualidade. No Instituto Nacional de Controle de Qualidade de Saúde – INCQS – apesar de existirem Dinal e Dimed, há parâmetros diferentes e conflitivos, por isso há necessidade de que seja desenvolvida esta normatização por um órgão da União, bem como se criem núcleos regionais de controle de qualidade;
- c) realização de levantamento de insumos em biotecnologia, principalmente na produção de fármacos, estabelecendo o tipo de produto que se deve usar, que precisa consumir a partir, por exemplo, do exame da lista da CACEX. Há um sem número de itens que poderiam, com um rápido desenvolvimento em tecnologia, ser produzidos aqui. É o exemplo da lactose que importamos até hoje;
- d) definição de produção de insumos básicos no Paraná em consonância ao desenvolvimento de um programa nacional de fármacos.

## Debate

Gina Gulíneli Paladino  
(CONCITEC)

Só quero dar algumas informações: o governo do Estado acabou de criar (em abril) o Prêmio Estadual de Ciência e Tecnologia. O Decreto já foi assinado e esta semana sairá o edital, em todos os jornais. Durante os próximos quatro meses, estarão abertas inscrições para as categorias profissional e estudante, em duas áreas de conhecimento este ano: Ciências Sociais e Humanas; Ciências Agrárias. O tema, durante os três anos seguintes, será em forma de rodízio. Serão quatro prêmios/ano, um para profissional e um para estudante em cada área de conhecimento. O primeiro prêmio deverá ser concedido em dezembro/86.

Quanto ao inventário de ciência e tecnologia, ao cadastro de que todos estão falando, realmente o levantamento feito pelo CONCITEC em 1981 foi abandonado. Não está atualizado, é metodologia muito complicada para ser utilizada, foi usado um *soft* que só SP conhece. Não é *soft* intercambiável com outros estados da Federação, não utiliza metodologia do CNPq. O que estamos fazendo agora — e não o começamos antes por falta de recursos humanos — é a retomada disto, via convênio IPARDES/TECPAR/CONCITEC. Já elaboramos um projeto para esse inventário científico-tecnológico, já foi assinado protocolo de intenções com o ministro, no sentido de financiar diretamente este novo inventário. Aproveitamos alguma coisa do que foi feito em 1981, muitas informações que o próprio TECPAR já tem (em inventário que já foi elaborado em convênio com a STI) e vamos ver se até pelo menos meados do ano que vem já teremos a primeira leva de informações.

Cesar Muniz  
(BADEP)

Considerando as necessidades da sociedade paranaense e os da comunidade ligada à biotecnologia, sugerimos que o CONCITEC promova anualmente seu seminário específico de biotecnologia para:

- a) apresentação de contribuições para a política e programas de biotecnologia para o Paraná;
- b) apresentação de projetos e pesquisas em estudos e/ou realização dos setores públicos e privados;
- c) conhecimento de políticas e programas do governo federal através de seus diversos órgãos com sugestões que o seminário julgue pertinentes;
- d) apresentação de temas e experiências de interesse para a comunidade ligada à biotecnologia.

# ENCERRAMENTO

*Sylvio Péllico Netto*

Secretário Executivo do CONCITEC

Coordenadores do 1º Seminário Paranaense de Biotecnologia  
Prezados Colegas

Foi com grande satisfação que estivemos estes dois dias aqui reunidos para discutirmos o que o Paraná vem fazendo e o que pode fazer em favor da biotecnologia.

O CONCITEC está ativamente interessado em apoiar iniciativas como esta, pois consideramos como aprofundamento de discussões sobre o nosso Plano Estadual de Ciência e Tecnologia.

O esforço feito pelo IPARDES permitiu que este seminário fosse realizado com sucesso, tendo aglutinado sete grupos de trabalhos nas mais importantes áreas em que o Paraná já tem experiência iniciada no campo da biotecnologia.

Aguardaremos com interesse os resultados e propostas formuladas pelos grupos, que servirão para elaborar o Programa Estadual de Biotecnologia do Paraná.

Nossa experiência tem demonstrado que produtos biotecnológicos têm surgido tanto das universidades e dos institutos de pesquisa, como da própria iniciativa privada. A produção de steviosídeos pela empresa INGA, é um exemplo realista de um produto de pesquisa que surgiu dentro da Universidade de Maringá e chegou até a produção industrial. Outro exemplo a ser mencionado é o da Biofil, que nasceu de uma descoberta feita pela iniciativa privada e está se consolidando em uma indústria para a produção da pele artificial.

Este modelo de interação dos projetos biotecnológicos, que avançaram sua experiência nos laboratórios e estão em condições de se converterem em produção em escala industrial, constituirá também no trabalho de ação que o CONCITEC tentará favorecer.

Queremos expressar nessa oportunidade nosso agradecimento a todos os participantes, ao IPARDES pela organização do evento e ao BADEP pelo acolhimento e apoio na condução do seminário.

*Carlos Artur Krüger Passos*

Diretor Presidente do IPARDES

Gostaria inicialmente de agradecer a presença e participação de todos os que nestes dois dias de trabalho expuseram e debateram o tema deste seminário.

O debate entre técnicos dos organismos de fomento e pesquisa, professores e cientistas universitários, empresários e autoridades governamentais parece-me constituir o caminho mais adequado para melhor avaliar as potencialidades e os impasses a serem superados para a elaboração futura de um programa conseqüente na área biotecnológica.

É certo que alguns entendem como mais fáceis, e mesmo mais rápidos, os programas de impacto, feitos de cima para baixo, por um ou outro iluminado. Cremos que os inúmeros exemplos de planos que não passaram

de personalistas manifestações, foram desgastantes instrumentos de criação de falsas expectativas. Para obtermos resultados mais consequentes e duradouros, mister se faz o diálogo mais amplo e a colaboração inter-institucional.

Neste sentido, gostaria de agradecer o trabalho eficaz de duas equipes, pequenas mas competentes, que no CONCITEC e no IPARDES, se debruçam há tempo nas questões da biotecnologia e de cuja dedicação resultou também a realização deste seminário.

Ao BADEP desejo agradecer a pronta resposta ao nosso pedido de apoio, cedendo imediatamente suas confortáveis instalações e destacando alguns de seus técnicos para se engajarem neste esforço que terá continuidade após este encontro.

Os debates puseram claro a enorme importância, presente e futura, que a biotecnologia tem e terá no desenvolvimento das bases materiais de nosso aparelho produtivo.

Um sistema produtivo tecnologicamente mais avançado pode constituir um potencial de solução mais efetivo dos angustiantes problemas da pobreza e miséria que afligem a grande massa do povo brasileiro.

Sabemos que a expansão econômica não necessariamente se traduz em melhoria difundida dos padrões de vida da população. O triste exemplo do que ocorreu nestas duas últimas décadas no Brasil, é neste sentido, lapidar. Mas, se a relação de causa e efeito não é direta, a expansão econômica é um possível instrumental para o desenvolvimento das aptidões humanas individuais, para o estabelecimento das condições concretas para o efetivo exercício da cidadania e para o estabelecimento do processo democrático como forma dominante de dirimir e superar os iminentes conflitos individuais e societários.

Assim entendida, a expansão econômica sustentada é um objetivo não negligenciável por qualquer sociedade humana.

Gostaria de destacar aqui a importância da biotecnologia no atual quadro econômico. Início, ressaltando que após o grande ciclo expansivo do pós-Guerra das economias capitalistas, sobreveio a recessão atual que perdura desde o ano 1973.

As características macroeconômicas da atual crise diferem basicamente daquelas observadas na crise dos anos 30, quando os níveis de queda no volume de produção foram acentuadamente mais intensos que os atuais.

Parece-nos que repetimos hoje algo do que ocorreu há exatamente um século, na grande depressão de 1873-1895, guardadas as expressivas diferenças do cenário histórico-econômico que as involucravam.

Permitam-nos explicitar alguns pontos de similitude entre a Grande Depressão e a crise atual. Em ambos os casos, a intensidade na redução da produção não é tão intensa, e os períodos de recuperação são febris e de curto fôlego.

Enquanto as baixas taxas de crescimento se verificam, ocorreu no último quartel do século passado uma profunda transformação nas bases técnicas da produção. Assim, novos ramos na produção se estabelecem, ou se alteram profundamente os já existentes, ao mesmo tempo que se opera uma profunda transformação na base energética. Setores pesados, como a siderurgia de altos fornos, a química de alcoóis, o petróleo e a petroquímica, a celulose e o papel, a energia elétrica, os motores de combustão interna para citar apenas alguns, são novos ou têm seus processos produtivos profundamente alterados tecnicamente.

Os países que não foram capazes de endogenizar um processo de acumulação de capitais que contivesse esses setores, emergem no século atual

como dependentes da dinâmica econômica dos mais industrializados.

É neste contexto que acreditamos que os países que neste fim de século não incorporarem e difundirem no tecido econômico as transformações formidáveis representadas pela microeletrônica e informática, pela biotecnologia, pelos novos materiais (plásticos, fibra ótica, cerâmicos, metálicos, vítreos) e pelo controle dos processos de fissão nuclear, estarão fadados a novo atraso, no contexto da divisão internacional do trabalho. E a todas as conseqüências negativas de ordem políticas e culturais que a subordinação econômica sói induzir.

Devemos portanto estar conscientes do enorme desafio histórico a que a nação e povo brasileiro estão submetidos atualmente. Ou nos demonstramos capazes de desenvolver cientificamente os processos biológicos citados e discutidos ao longo das exposições e debates aqui realizados, capazes de implementá-los tecnologicamente em unidades produtivas experimentais, e ainda de disseminar esses novos processos produtivos, pelo tecido econômico, ou postergaremos indefinidamente os anseios de construir uma civilização não-subordinada, de cidadãos libertos da miséria econômica e pobreza cultural.

Não pretendo, ao fim destes exaustivos debates, me alongar em digressões adicionais sobre a importância da biotecnologia para a humanidade e para as atividades econômicas em particular. Mas, num certo sentido, temos aqui no Paraná, a responsabilidade de mobilizar os recursos financeiros institucionais, organizacionais e, sobretudo, os recursos humanos, disponíveis e potenciais, visando estabelecer um programa coordenado de expansão das atividades de pesquisa e produção de bens com origem e apoio em processos biológicos. Essa responsabilidade avulta ainda mais ao percebermos que este Estado já esgotou as possibilidades de expansão de sua fronteira agrícola e deverá intensificar seus esforços no caminho da industrialização e de uma agricultura avançada tecnologicamente.

Devemos, para tanto, superar os óbices e comportamentos que impedem conjugar os esforços de institutos de pesquisa, das empresas e de organismos de fomento.

Este seminário, estamos certos, contribuiu para aproximar os diversos elementos e interesses envolvidos com as ciências e as técnicas biológicas no Paraná e a nível federal; deste encontro esperamos um frutífero desdobrar de ações concretas tanto na área pública como privada.

Agradeço a atenção de todos.

Muito obrigado.

Encerro aqui este seminário.



INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL  
RUA JAIME REIS, 331 - FONE (041) 252-3714 - CEP 80510 CURITIBA - PARANA