



Número 156/2005

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
Pós-Graduação em Política Científica e Tecnológica

MARCELO GONÇALVES DO VALLE

**O SISTEMA NACIONAL DE INOVAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA NO BRASIL:
POSSÍVEIS CENÁRIOS**

Tese de doutoramento apresentada ao Instituto de Geociências como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Política Científica e Tecnológica.

Orientadoras: Profa. Dra. Maria Beatriz Machado Bonacelli
Profa. Dra. Ana Lúcia Delgado Assad

CAMPINAS - SÃO PAULO

Dezembro - 2005

Valle, Marcelo Gonçalves do

O sistema nacional de inovação em biotecnologia no Brasil: possíveis cenários /
Marcelo Gonçalves do Valle.-- Campinas,SP.: [s.n.], 2005.

Orientador: Maria Beatriz Machado Bonacelli, Ana Lúcia Delgado Assad
Tese (doutorado) Universidade Estadual de Campinas, Instituto de
Geociências.

1.Ciência e tecnologia. 2. Inovação tecnológica. 3.Biotecnologia . I.
Bonacelli, Maria Beatriz Machado. II. Assad, Ana Lúcia Delgado. III.
Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. IV. Título.



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

Pós-Graduação em Política Científica e Tecnológica

AUTOR: Marcelo Gonçalves do Valle

**O SISTEMA NACIONAL DE INOVAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA NO BRASIL:
POSSÍVEIS CENÁRIOS**

ORIENTADORA: Profa. Dra. Maria Beatriz Machado Bonacelli

CO-ORIENTADORA: Profa. Dra. Ana Lúcia Delgado Assad

Aprovada em: ____/____/____

EXAMINADORES:

Profa. Dra. Maria Beatriz Machado Bonacelli _____-Presidente

Prof. Dr. Sergio Luiz Monteiro Salles-Filho _____

Prof. Dr. José Maria Ferreira Jardim da Silveira _____

Prof. Dr. Paulo José Péret de Sant'Ana _____

Prof. Dr. Joaquim Aparecido Machado _____

Campinas, 22 de Dezembro de 2005

Ao meu filho, Murilo.
À Silviane, por sua presença sempre marcante e necessária.
À minha mãe e toda minha família, cujo carinho e apoio foram imprescindíveis
para a consecução deste esforço;
A Deus, princípio e razão de todas as coisas,
Que nos guia por seus caminhos misteriosos,
mesmo que muitas vezes desconheçamos seus planos
para nossa vida e história;

Agradecimentos

Os quatro anos que compreenderam a realização desta Tese foram, sem dúvida alguma, os mais intensos e inquietos de toda a minha vida, mas também foram os mais pródigos e inebriantes. Experimentei neste período as delícias e percalços do casamento, uma reviravolta em minhas atividades profissionais, a mudança de Estado, as preocupações e responsabilidades inerentes à posição de “homem sério” e, principalmente, a dádiva da paternidade. E tudo isto em Brasília, local onde não temos parentes ou muitos amigos, contando apenas com a Sil para me auxiliar em tudo aquilo que enfrentamos... e olha que não foi pouca coisa...

Esta experiência me permitiu compreender o quanto uma tese é resultado de um esforço coletivo, no qual coexistem os esforços pessoais de pesquisa, reflexão, redação, mas também o carinho, a atenção, o desprendimento, o desapego e o companheirismo daqueles que estão à nossa volta, e que contribuem decisivamente para que o resultado final seja proveitoso. Por esta razão, gostaria de agradecer a todas as pessoas que, de maneira direta ou indireta, ajudaram-me durante este período, seja com seus ensinamentos – acadêmicos ou não -, seja pela benevolência, orações e exemplos que me ficarão marcados por toda a vida. Mas para tornar isto algo menos subjetivo, busco aqui rememorar algumas pessoas, de forma a externar meu reconhecimento.

Agradeço inicialmente ao IG e DPCT que, ao me honrarem com a aprovação para o programa de Doutorado, revelaram uma confiança nas condições de realização deste trabalho que muitas vezes nem eu mesmo tinha. Agradeço também por estes constituírem locais tão sérios, competentes, e ao mesmo tempo acalentadores, que é impossível não sentir saudades ou pensar nestes locais como contíguos à nossa própria casa. De modo especial, quero agradecer à Val, que não apenas é a ultra competente secretária da pós-graduação, mas também uma das pessoas mais prestimosas e simpáticas que já conheci. O IG foi extraordinariamente feliz ao colocá-la logo à entrada, como o “cartão de boas vindas” do Instituto.

E já que estou me referindo ao IG, aproveito para agradecer a amizade, generosidade e exemplo de todas as pessoas que integram o GEOPI, o grupo de pesquisa mais inspirador, íntegro e edificante que conheci. Lamento que por minha mudança tenha ficado alheio ao convívio e às (inúmeras) atividades e pesquisas que são feitas ali. Não conheço profundamente muitos dos que agora fazem parte, mas não tenho dúvidas quanto à sua capacidade e caráter. E aos da “velha guarda”, aproveito para render meu reconhecimento: Bia, Sergio Salles, Rui, Ana Maria, Simone, Ana Lúcia, Claudenício, Sérgio Paulino, Sônia, Solange, Débora, Adriana, Mauro... Vocês são

bons demais... Sentir-me-ia eternamente diminuído não fosse tão natural a recepção e a empatia que sempre sinto quando estou por aí.

Em particular, quero agradecer às duas mártires que ganharam um lugarzinho no céu no momento em que aceitaram a empreitada de orientar um sujeito nada fácil, como eu. Profa. Maria Beatriz Bonacelli, ou Bia, como todos a conhecem, não tenho palavras para agradecer sua preciosa instrução e amizade. Sabemos que, na prática, você é a minha orientadora desde as *priscas eras* da graduação, na UFSCar. Você esteve presente e foi decisiva em cada passo e progresso de meu desenvolvimento acadêmico e intelectual. Profa. Ana Lúcia Delgado Assad, a Ana, que me ajudou a desvendar os “caminhos” da biotecnologia e sempre o fez de forma tão didática, segura, coerente, ao mesmo tempo que aliava a isso o eterno bom humor (a despeito dos três leões que ela tinha que matar por dia), você é um exemplo de profissional. Conheço muitos coordenadores e “chefetes” que são e fazem muito menos do que você, mas estão permanentemente com um semblante carregado, inamistoso e com ares de quem têm a função de administrar todo o universo. Que bom que você não é assim! Eu jamais teria finalizado este trabalho se não fosse a contribuição contínua e valiosa de vocês duas, e posso até imaginar o desconsolo quando, ao abrir suas caixas postais, vocês se deparavam com uma nova versão do “Pacote do Terror”.

Agradeço ainda à banca de avaliação por sua disposição em agregar contribuições a este trabalho, e também pelos “esporros” que sei que irei tomar. É o preço que se paga por ter pessoas tão competentes analisando meu trabalho: Prof. Sergio Salles que, mais do que um sábio, é também um amigo e inspiração, tanto em aspectos acadêmicos como pessoais; Prof. Zé Maria, um luminar, que a seu jeito meio “analista de Bagé” nos faz enxergar, mesmo que à base do “joelho”, a complexidade e as sutilezas que permeiam as reflexões acadêmicas; Prof. Paulo Péret, que hoje desempenha com grande desenvoltura a coordenação de biotecnologia e saúde no MCT; ao Prof. Joaquim Machado que, embora não conheça pessoalmente, respeito e admiro por acompanhar seu trabalho ao longo de inúmeros *papers* e artigos.

E porque um ambiente de trabalho amistoso é atributo tão importante neste período conturbado, não poderia deixar de mencionar a Assessoria de Planejamento e Estudos Estratégicos do CNPq, ou qualquer que seja o nome desta área na atualidade, visto que as designações mudam ao sabor dos ventos (ou das resoluções dos presidentes e diretores que passam pela instituição, para ser menos poético). A convivência freqüente com a Celeste, Flávio,

Rita, Hildebrando, mas também com a Sandra, Sasaki, Jorge, Edmilson e Dirceu (este último um quase agregado) tornam o dia-a-dia mais agradável e menos circunspeto, e nossas rodadas quase diárias de “maledicência” política e de assuntos aleatórios funcionam melhor que qualquer “sessão de descarrego”. Em particular, gostaria de agradecer à Celeste, não apenas por ter tão prestimosamente produzido o *Abstract* deste trabalho, mas por sua amizade e seu exemplo vivo de seriedade, compromisso, retidão no trabalho e curiosidade intelectual, que nos inspira a querer ser melhores a cada dia.

Gostaria de agradecer agora a todos aqueles que me cercaram de atenções, carinho, amizade e, muitas vezes, suportaram com resignação meu distanciamento físico ou mental, para que eu pudesse concluir este trabalho a contento. Como mencionei em minha dissertação, tenho a consciência de que não sou muito astuto, mas sim diligente, de modo que, para conseguir finalizar o trabalho, foi necessário, não poucas vezes, que eu me mantivesse à margem dos que estavam à minha volta. Ainda que por vezes eu tenha me mantido frio e distante, vocês são pessoas que eu amo sinceramente, e não teria tido o menor sentido se eu não pudesse contar com todos vocês a meu lado.

Por sua presença sempre desejada e imprescindível, por seu carinho, por sua sabedoria e companheirismo, pelo simples fato de existir, e por condensar tudo aquilo que acho de belo e admirável em um ser humano, quero agradecer à Sil (ou, como prefiro dizer, “minha neguinha”). O tamanho da sua renúncia em deixar tudo o que lhe era mais caro e vir a Brasília comigo, dando-me a honra de tê-la por esposa, a serenidade com que você aceitou nossas dificuldades, isolamento, dúvidas, incertezas, e o amor e dedicação que você teve ao cuidar de mim e de nosso precioso filho não são apenas dádivas, mas também a forma mais presente e direta que Deus encontrou de se manifestar a mim: por meio de seus olhos e coração. Você é o arquétipo daquela citação contida em Provérbios, pela qual “a mulher talentosa vale mais do que as pérolas, abre a boca com sabedoria e bondade, razão pela qual seus filhos levantam-se para saudá-la, e seu marido canta-lhe louvores”.

Meu filho, Murilo, você ainda é muito jovem para que eu possa tecer suas qualidades, mas posso dizer que agradeço o fato de você existir. Chegar em casa, cansado, e ver você correndo para mim, sorrindo e dizendo “Papai” reanima todas as minhas forças, e me aquinhoa com uma felicidade muito além daquela que mereço. Sei que você será um homem muito maior, melhor e mais abençoado do que eu.

Por sua tolerância, esforços, renúncias, exemplo de vida e amor irrestrito e incondicional, sou eternamente grato à Raimunda, minha mãe. Uma mulher forte, corajosa e generosa, que nem mesmo a idade e os infortúnios das doenças impedem que esteja prontamente a meu socorro, todas as vezes que eu lhe peço. Agradeço também por ter sido a minha mãe, e a melhor mãe, quando outros não quiseram... Juro que tenho tentado, em minha vida, chegar um pouquinho mais perto do Homem que você sempre quis e mereceu que eu fosse. Garanto à senhora que continuo tentando... E no dia em que a senhora não estiver mais aqui, continue olhando por mim de seu plano superior, que prometo continuar me esforçando para fazer jus ao privilégio de ser seu filho.

Outra dádiva possível dada por minha mãe, ao me tornar seu filho, foi ter um grande número de irmãos...Alguns já se foram, como o querido e saudoso Luís; outros estão mais distantes, como a Socorro, o Waldemar e a Sonja. Mas tenho outros muito mais próximos, como a Luiza, o Renato, além de minhas sobrinhas, a Márcia, Melca, Rodrigo, Thaís, Paula, Tiago, Vinnícius, Giovana. Mais recentemente, ganhei novos sobrinhos, o Lucas, a Camila e o Rafael (este último um lutador, filho da Márcia, que concedeu a mim e à neguinha o privilégio ser seus padrinhos).

E não posso deixar de mencionar meus “novos” parentes, fruto dos inúmeros casamentos em minha família: Valentim, Inácio, Sérgio, Vanessa, Sandra, Solaine e Suelen, minhas cunhadinhas preferidas, que são tão divertidas que fazem a vida parecer muito mais fácil. Agradeço também à Cidinha e ao Netto, meus sogros, pela amizade, atenção e por serem sempre tão solícitos e desprendidos a nos socorrer. Ao Netto agradeço ainda por seu exemplo pessoal de homem e pai. O Murilo será sem dúvida um grande homem se eu puder ser para ele uma centelha do que você é.

Quero também fazer referência a meus grandes amigos. Eles são bem poucos, na verdade, porque não é mistério para ninguém meu comportamento intimista e às vezes um tanto inamistoso. Mas sei que estes amigos me acompanharão por toda a vida e, ainda que eu os veja com pouca frequência, nossos reencontros sempre me trazem a sensação de termos nos visto no dia anterior. O Juliano é o jovem mais admirável que conheço, um sujeito que corteja admiravelmente a doçura e a razão, sem nunca fugir a seus valores, coerência e retidão. Não por acaso eu o escolhi para ser o padrinho de meu filho. O Daniel é a pessoa que acho mais se parecer comigo, em suas virtudes e fraquezas, e torço para que ele e a Fer continuem sendo, perpetuamente, o belo casal que formam; o Richard é um companheiro valoroso e íntegro, que

não consigo ver com mais regularidade por conta de nossas agendas atribuladas aqui em Brasília, mas que, dentre outras coisas, tem realizado um papel fundamental na retomada do crescimento da população indígena no Brasil; o Sandro é ao mesmo tempo um lutador e um sobrevivente. Todos que o conhecemos sabemos de sua dificuldade com a visão precária, mas ao invés de se sentar, desistir e lamentar as mazelas da vida, ele preferiu se erguer e ser uma das pessoas mais inteligentes, sinceras e dignas que conheço; o Osmar é um amigo, o primeiro que tive em São Carlos, e é o farol que sempre me faz abrir os olhos para as coisas mais puras e importantes da vida.

Agradeço, finalmente, ao enorme contingente de amigos e colegas que fiz nestes anos de vida docente no UniCEUB, IESA e Projeção. No período de realização da tese eles muitas vezes celebraram e sofreram com meus avanços e retrocessos ao longo do trabalho, e sei que torceram para que eu chegasse até aqui. Sou grato ainda a uma infinidade de outras pessoas que, por um esquecimento lamentável de minha parte, não foram aqui devidamente citados.

E a todos vocês que estiveram presentes em minha vida e nesta caminhada, desejo de todo o coração que a graça e a Luz de Deus nos proteja e conserve-nos unidos, dando-nos a sabedoria, serenidade e discernimento para agirmos sempre de forma digna e reta.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
1º CAPÍTULO – O SISTEMA NACIONAL DE INOVAÇÃO: DINÂMICA INOVATIVA E SUPORTE À SUA FORMAÇÃO E CONSOLIDAÇÃO NO BRASIL	9
1.1 Sistemas de Inovação e Dinâmica Inovativa	9
Sistemas Nacionais de Inovação	13
Sistemas Locais de Inovação	15
Sistemas Setoriais de Inovação	17
Complementaridade de Recortes Analíticos	18
1.2 Histórico e Evolução do Sistema Nacional de Inovação no Brasil	20
Programas de Incentivo à C&T a partir dos anos 80	28
Os Fundos Setoriais	34
1.3 Entraves ao Adensamento do Sistema Nacional de Inovação	39
Restrição e Volatilidade de Recursos Financeiros	40
Baixo Nível de Execução de Atividades de P&D no Âmbito Empresarial	46
1.4 Políticas e Instrumentos para a Consolidação do Sistema Nacional de Inovação	57
2º CAPÍTULO – O CAMPO DA BIOTECNOLOGIA: EVOLUÇÃO E ASPECTOS CONTEMPORÂNEOS	67
2.1 Histórico e Evolução da Biotecnologia	68
As Novas Empresas de Biotecnologia (NEBs)	74
2.2 Biotecnologia, Regulação e Novos Marcos Institucionais	77
2.3 Biotecnologia e Engenharia Genética	85
Biotecnologia, Biologia e Terapia Celular	92
2.4 Biotecnologia e Biossegurança	94
Segurança Alimentar	98
Segurança Ambiental e Socioeconômica	100
Segurança em Clonagem e Biologia Celular	102
A Conjuntura Internacional em Biossegurança	104
A Conjuntura Nacional em Biossegurança	107
3º CAPÍTULO – PADRÕES DE ORGANIZAÇÃO E SISTEMAS DE INOVAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA	113
3.1 Panorama e Dinâmica da Biotecnologia em Regiões Industrializadas	113
3.2 Características Gerais e Padrões Nacionais da Organização da Biotecnologia	120
Estados Unidos	120
União Européia	123

Ásia e Pacífico	135
3.3 O Sistema Nacional de Inovação em Biotecnologia no Brasil	140
Instituições-Chave em Biotecnologia na área de Saúde	144
Instituições-Chave em Biotecnologia na área Agrícola	147
O Parque Nacional das Empresas de Biotecnologia no País	148
3.4 Biotecnologia Moderna, Genômica e Desafios para o Sistema de Inovação em Biotecnologia no Brasil	151
4º CAPÍTULO – PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA E CENÁRIOS: PERSPECTIVAS PARA A BIOTECNOLOGIA NO BRASIL	161
4.1 Prospecção e Desenvolvimento Científico e Tecnológico	161
4.2 Cenários Prospectivos: Dinâmica, Atributos e Aplicações	165
4.3 Incertezas Críticas e a Matriz de Cenários do Sistema Nacional de Inovação em Biotecnologia no Brasil	172
Incertezas Críticas do Campo da Biotecnologia	174
Incertezas Críticas no âmbito Político – Econômico – Institucional	180
Incertezas Críticas do Sistema Nacional de Inovação em Biotecnologia no Brasil	184
4.4 Cenários para a Biotecnologia no Brasil	192
Cenário A – Em Busca do Tempo Perdido	192
Cenário B – Crônica de uma Morte Anunciada	197
Cenário C – Germinal	202
Cenário D – O Ser e o Nada	208
Indicadores de Monitoramento dos Cenários e Análise SWOT do SNIB	212
CONCLUSÕES	219
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	227

Lista de Siglas e Abreviaturas

ABC – Academia Brasileira de Ciências
ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABTlus – Associação Brasileira de Tecnologia Luz Síncroton
ADPICs – Acordo de Direitos de Propriedade Intelectual relacionados ao Comércio
AEG – Genomas Agronômicos e Regionais
ANVAR – Agência Francesa de Inovação
AS-PTA – Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa
BBRSC – *Biotechnology and Biological Sciences Research Council*
BIRD – Banco Internacional para a Reconstrução e o Desenvolvimento
BMI – *Biotechnology Mentoring Incubator*
BNDE – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico
BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BPT – Balanço de Pagamentos Tecnológico
BSE – *Bovine spongiform encephalopathy*
C&T – Ciência e Tecnologia
CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CBAB – Centro Brasileiro-Argentino de Biotecnologia
CBPF – Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas
CCFS – Comitê de Coordenação dos Fundos Setoriais
CDB – Convenção de Diversidade Biológica
CENPES – Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo M. de Mello
CEPEL – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
CFB – *Coordinated Framework for Biotechnology*
CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
CGEN – Conselho de Gestão do Patrimônio Genético
CIDE – Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico
CNBB – Conferência Nacional dos Bispos do Brasil
CNBS – Conselho Nacional de Biossegurança
CNDI – Conselho Nacional de Desenvolvimento Industrial
CNI – Confederação Nacional da Indústria
CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CNRS – *Centre National de la Recherche Scientifique*
COFINS – Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
COODETEC – Cooperativa Central Agropecuária de Desenvolvimento Tecnológico e Econômico
CPqD – Centro de Pesquisas e Desenvolvimento em Telecomunicações
CSC – *Community Scientific Committee*

CSLL – Contribuição Social sobre o Lucro Líquido
CTA – Centro Tecnológico da Aeronáutica
CTA – Célula-tronco adulta
CTA – Centro de Toxicologia Aplicada
CTE – Célula-tronco embrionária
CTNBio – Comissão Técnica Nacional de Biossegurança
CTEx – Centro de Tecnologia do Exército
CT-AERONÁUTICO – Fundo para o Setor Aeronáutico
CT-AGRONEGÓCIO – Fundo Setorial do Agronegócio
CT- AMAZÔNIA – Fundo Setorial da Amazônia
CT – AQUAVIÁRIO – Fundo Setorial de Transporte Aquaviário e Construção Naval
CT-BIOTECNOLOGIA – Fundo Setorial de Biotecnologia
CT-ENERG – Fundo Setorial de Energia
CT-ESPACIAL – Fundo Setorial Espacial
CT-FVA – Fundo Verde Amarelo
CT-HIDRO – Fundo Setorial de Recursos Hídricos
CT-INFO – Fundo Setorial de Tecnologia da Informação
CT-INFRA – Fundo de Infra-Estrutura
CT-MINERAL – Fundo Setorial Mineral
CT-PETRO – Fundo Setorial do Petróleo e Gás Natural
CT-SAÚDE – Fundo Setorial de Saúde
CT-TRANSPORTES – Fundo Setorial de Transportes Terrestres
CVC – Clorose Variegada dos Citos
CVM – Comissão de Valores Mobiliários
DNA – Ácido Desoxirribonucléico
DPI – Direitos de Propriedade Intelectual
EBT – Empresa de Base Tecnológica
EIB – *European Investment Bank*
EIF – *European Investment Fund*
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMBRATER – Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural
EPA – *Environmental Protection Agency*
ERA – *European Research Area*
FAO – *Food and Agriculture Organization*
FAP – Fundação de Amparo à Pesquisa
FAPEMIG – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais
FAPERJ – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro
FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
FDA – *Food and Drug Administration*

FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos
FIOCRUZ – Fundação Oswaldo Cruz
FIST – *France Innovation Scientifique et Transfert*
FMIEE – Fundos Mútuos de Investimentos em Empresas Emergentes
FNDCT – Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
FP6 – *Sixth Framework Programme for Research & Technological Development*
FUNTEC – Fundo de Desenvolvimento Técnico Científico
FUNDECITRUS – Fundo de Defesa da Citricultura
FUNTEL – Fundo para Desenvolvimento de Telecomunicações
GPIs – Grandes Projetos de Investimento
IAC – Instituto Agrônômico
IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná
IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBBD – Instituto Brasileiro de Bibliografia e Documentação
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBICT – Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia
IDEC – Instituto de Defesa do Consumidor
IES – Instituição de Ensino Superior
INCA – Instituto Nacional do Câncer
INCOR – Instituto do Coração
INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia
INPA – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
INPI – Instituto Nacional de Propriedade Industrial
INRA – *Institut National de la Recherche Agronomique*
INSERM – *Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale*
INT – Instituto Nacional de Tecnologia
IPI – Imposto sobre Produtos Industrializados
IppM – Instituto de Pesquisas da Marinha
ISI – Industrialização por Substituição das Importações
LIKA – Instituto de Imunopatologia Keizo Asami
LNA – Laboratório Nacional de Astrofísica
LNCC – Laboratório Nacional de Computação Científica
MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia
MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
MMA – Ministério do Meio Ambiente
MP – Medida Provisória
MPEG – Museu Paraense Emílio Goeldi

NAE – Núcleo de Assuntos Estratégicos
NTB – *National Technology Board*
OCDE – Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OEPA – Organização Estadual de Pesquisa Agropecuária
OGM – Organismo geneticamente modificado
OGU – Orçamento Geral da União
OMC – Organização Mundial do Comércio
OMS – Organização Mundial da Saúde
ON – Observatório Nacional
ONG – Organização não-Governamental
ONSA - *Organization for Nucleotide Sequencing and Analysis*
P&D – Pesquisa e Desenvolvimento
PACTI – Programa de Capacitação Tecnológica da Indústria
PADCT – Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico
PASNI – Programa de Autosuficiência Nacional em Imunobiológicos
PAT – Programa de Alimentação do Trabalhador
PBDCT – Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
PBQP – Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade
PCR – *Polymerase chain reaction*
PDTA – Programa de Desenvolvimento Tecnológico da Agricultura
PDTI – Programa de Desenvolvimento Tecnológico da Indústria
PED – Plano Estratégico de Desenvolvimento
PGB – Programa Genoma Brasileiro
PIB – Produto Interno Bruto
PINTEC – Pesquisa Industrial sobre Inovação Tecnológica
PITCE – Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior
PL – Projeto de Lei
PNB – Política Nacional de Biossegurança
PND – Plano Nacional de Desenvolvimento
PPA – Plano Plurianual
PROFIX – Programa de Estímulo à Fixação de Doutores
PRONAB – Programa Nacional de Biotecnologia
PRONEX – Programa de Apoio a Núcleos de Excelência
REDBIO – Rede de Cooperação Técnica em Biotecnologia Vegetal na América Latina e Caribe
RHAЕ – Programa de Apoio a Formação de Recursos Humanos para Atividades Estratégicas
SBPC – Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência
SCI – *Science Citation Index*
SEPLAN – Secretaria de Planejamento da Presidência da República
SMOLBnet – Rede de Biologia Molecular Estrutural

SNDCT – Sistema Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
SNI – Sistema Nacional de Inovação
SNIB – Sistema Nacional de Inovação em Biotecnologia
SNPA – Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária
STI-MIC – Secretaria de Tecnologia Industrial do Ministério da Indústria e Comércio
TECPAR – Instituto de Tecnologia do Paraná
TIB – Tecnologia Industrial Básica
TRIPs – *Trade-related Aspects of Intellectual Property Rights*
UNAIDS – *United Nations Programme on HIV/AIDS*
UNCTAD - *United Nations Conference on Trade and Development*
UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura
UNESP – Universidade Estadual Paulista
UNIFESP – Universidade Federal de São Paulo
UPOV – União Internacional para Proteção de Obtenções Vegetais
USDA – *United States Department of Agriculture*
USP – Universidade de São Paulo
WIPO - *World Intellectual Property Organization*

SUMÁRIO DE QUADROS

QUADRO 1.1 – FUNDOS SETORIAIS DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO	35
QUADRO 1.2 – INVESTIMENTO DO SETOR PÚBLICO EM PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM R\$ MILHÕES*	43
QUADRO 1.3 – ESTRATÉGIAS DE NEGÓCIO DAS EMPRESAS BRASILEIRAS ENTRE 1995 E 2000, EM PERCENTAGEM	49
QUADRO 1.4 – AÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO DAS EMPRESAS ENTRE 1995 A 2000, EM PERCENTAGEM	49
QUADRO 1.5– ORÇAMENTO ANUAL DO MCT PARA EQUALIZAÇÃO, SUBVENÇÃO E OPERAÇÕES DE RISCO, EM R\$ MILHÕES	63
QUADRO 2.1 – ÁREA CULTIVADA DOS PRINCIPAIS PRODUTORES MUNDIAIS DE VARIEDADES TRANSGÊNICAS, EM MILHÕES DE HECTARES E PERCENTAGEM	91
QUADRO 2.2 – PRINCIPAIS VARIEDADES TRANSGÊNICAS CULTIVADAS NO MUNDO, EM MILHÕES DE HECTARES E PERCENTAGEM.	91
QUADRO 3.1 – EVOLUÇÃO DA BIOTECNOLOGIA ENTRE 1998 E 2003 NOS ESTADOS UNIDOS, CANADÁ E ÁSIA E UNIÃO EUROPEIA	115
QUADRO 3.2 – PARCERIAS TECNOLÓGICAS ENTRE EMPRESAS DE BIOTECNOLOGIA DA UNIÃO EUROPEIA POR ANO, EM PERCENTAGEM	129
QUADRO 3.3 – DINÂMICA DE DESENVOLVIMENTO DA BIOTECNOLOGIA EM PAÍSES EUROPEUS	131
QUADRO 3.4 – DISTRIBUIÇÃO DE GRUPOS DE PESQUISA EM BIOTECNOLOGIA NO BRASIL SEGUNDO FATORES GEOGRÁFICOS E LINHAS DE PESQUISA	141
QUADRO 3.5– DISTRIBUIÇÃO ESTADUAL E REGIONAL DE EMPRESAS DE BIOTECNOLOGIA NO BRASIL EM 2001, EM NÚMERO E PERCENTAGEM	149
QUADRO 3.6 – DISTRIBUIÇÃO ESTADUAL DE EMPRESAS DE BIOTECNOLOGIA NO BRASIL EM 2001 POR SEGMENTO DE ATIVIDADE, EM NÚMERO E PERCENTAGEM	149
QUADRO 3.7 – SÍNTESE DE ESTUDOS GENÔMICOS REALIZADOS NO ESCOPO DO PROGRAMA GENOMA FAPESP	153
QUADRO 3.8– REDES GENÔMICAS REGIONAIS E PROJETOS CONTEMPLADOS	155
QUADRO 4.1 – FAMÍLIAS E TÉCNICAS DE PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA	165
QUADRO 4.2 – INDICADORES DE MONITORAMENTO DE CENÁRIOS PARA O SNIB	213

SUMÁRIO DE FIGURAS

FIGURA 1.1 – PARTICIPAÇÃO DO DISPÊNDIO EM P&D NA COMPOSIÇÃO DO PIB NO BRASIL, REGIÕES E PAÍSES SELECIONADOS	45
FIGURA 1.2 – PADRÃO COMERCIAL BRASILEIRO, SEGUNDO NÍVEL TECNOLÓGICO DOS PRODUTOS, EM US\$ MILHÕES EM 1998 E 2002	51
FIGURA 1.3– SALDO DA BALANÇA COMERCIAL BRASILEIRA SEGUNDO NÍVEL TECNOLÓGICO E PARCEIRO COMERCIAL, EM US\$ MILHÕES EM 1998 E 2002	51
FIGURAS 2.1 - PATENTES EM BIOTECNOLOGIA CONCEDIDAS NOS ESTADOS UNIDOS	81
FIGURA 2.2 – CENÁRIOS E PERSPECTIVAS DE DESENVOLVIMENTO DA BIOTECNOLOGIA	83
FIGURA 2.3– ÁREA DE CULTIVO DE VARIEDADES GENETICAMENTE MODIFICADAS ENTRE 1995 E 2004, EM MILHÕES DE HECTARES	89
FIGURA 3.1 – PARTICIPAÇÃO PERCENTUAL EM RECEITA, INVESTIMENTOS E NÚMERO DE EMPRESAS DE BIOTECNOLOGIA EM 2003	117
FIGURA 3.2 – ALIANÇAS INTERNACIONAIS ENTRE EMPRESAS DE BIOTECNOLOGIA EM 2003	119
FIGURA 3.3 – DISTRIBUIÇÃO NACIONAL DE EMPRESAS DE BIOTECNOLOGIA NOS PAÍSES DA UNIÃO EUROPÉIA EM 2003	125
FIGURA 4.1 – ETAPAS DE METODOLOGIA DE IMPLEMENTAÇÃO DE CENÁRIOS DE MICHEL GODET	169
FIGURA 4.2 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS PARA ELABORAÇÃO E ANÁLISE DE CENÁRIOS NO PRESENTE ESTUDO	173
FIGURA 4.3 – MATRIZ DE INCERTEZAS E DELIMITAÇÃO DE HIPÓTESES DE CENÁRIOS	191
FIGURA 4.4 – ANÁLISE SWOT DO SISTEMA NACIONAL DE INOVAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA NO BRASIL	215

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
Pós-Graduação em Política Científica e Tecnológica

**O SISTEMA NACIONAL DE INOVAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA NO BRASIL:
POSSÍVEIS CENÁRIOS**

RESUMO

TESE DE DOUTORADO

Marcelo Gonçalves do Valle

Esta tese tem por objetivo o estudo do sistema nacional de inovação em biotecnologia (SNIB) no Brasil, identificando gargalos, entraves e desafios, culminando na sugestão de ações e políticas para seu adensamento e consolidação. Para a consecução deste objetivo, incorporaram-se ferramentas de prospecção tecnológica e cenários, os quais constituem um aparato pervasivo para o diagnóstico situacional, monitoramento e tomada de decisão, reduzindo conflitos quanto a percepções relativas ao futuro e aprimorando a qualidade de ações e decisões estratégicas, contribuindo na formulação das referidas prescrições.

Para fins didáticos, o trabalho foi dividido em quatro capítulos. O primeiro analisa a abordagem metodológica de sistemas de inovação, bem como a evolução histórica do sistema nacional de C&T e a formação do sistema de inovação brasileiro. Adicionalmente, apontam-se os principais gargalos e entraves à sua evolução. O segundo capítulo focaliza a dinâmica da biotecnologia e transformações decorrentes da aplicação de técnicas de engenharia genética, biologia molecular e celular, suscitando a necessidade de conformação de novos marcos regulatórios e institucionais, trazendo consigo o recrudescimento de debates no âmbito da regulação da biossegurança e direitos de propriedade intelectual. O terceiro capítulo analisa determinados padrões de organização da biotecnologia em países e regiões como Estados Unidos, Japão e União Européia, seguindo-se a análise da evolução e conjuntura do SNIB no Brasil. Finalmente, no quarto capítulo, utiliza-se a técnica de cenários prospectivos, a partir dos quais são propostos quatro possíveis desdobramentos para o desenvolvimento da biotecnologia e deste sistema no país.

Dentre as principais conclusões do trabalho, aponta-se a necessidade de aprimoramento, em âmbito nacional, das condições gerais de seu ambiente institucional, contemplando o marco regulatório em biossegurança, acesso a recursos genéticos e sistema de propriedade intelectual; perenização, continuidade e políticas públicas mais seletivas, que contribuam para maior vinculação dos atores nele circunscritos; instituição de mecanismos que contribuam para o incremento do investimento público e privado; melhoria e desconcentração de condições de infra-estrutura e formação de recursos humanos e, por fim, criação de condições mais favoráveis para o empreendedorismo privado, mediante a instituição de linhas de financiamento privilegiadas, dinamização de mercados de capitais, *seed money* e instrumentos de intermediação financeira, além de ações que facilitem a contratação de profissionais especializados e a melhoria da gestão da propriedade intelectual.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
Pós-Graduação em Política Científica e Tecnológica

**BRAZILIAN INNOVATION SYSTEM OF BIOTECHNOLOGY: POSSIBLE
SCENARIOS**

ABSTRACT

DOCTORATE THESIS

Marcelo Gonçalves do Valle

The objective of this thesis is to study the national innovation system of Biotechnology in Brazil (SNIB). The analysis first identify bottlenecks, obstacles and challenges, and then suggest policies and actions to be taken, by using tools like technological foresight and scenarios, whose choice is due to the fact they constitute a more pervasive apparatus for diagnostic, monitoring and decision-making processes, besides helping both to reduce conflicts regarding relative perceptions of the future, and to ameliorate the quality of actions and strategic decisions.

In the first chapter, one analyses the methodological approach to innovation systems as well as the evolution of the national S&T system through time, and the establishment of the Brazilian innovation system, pointing out some of the main difficulties/bottlenecks and obstacles to its evolution. The second chapter focus on the dynamics of Biotechnology together with the changes caused by the application of techniques of Genetic Engineering, Cellular and Molecular Biology. These changes imply the necessity to conform new regulatory and institutional marks, a process that brings intense debate about Biosafety regulation and Intellectual Property Rights. The third chapter considers some patterns of organization concerning Biotechnology in countries like USA, Japan and within European Union, in order to analyse both the evolution of the SNIB and the present state of the art.

Finally, in the fourth chapter, the technique of prospective scenarios is applied in order to propose four possible alternatives for the development of Biotechnology and the innovation system in Brazil. From the main conclusions of this study one may recommend: the improvement of the general condition of the system's institutional environment, particularly concerning regulatory mark in Biosafety, access to genetic resources and a system of intellectual property; the proposition of more sustainable and selective public policies to strengthen interaction among actors involved in the process; the establishment of mechanisms to increment public and private investment; the decentralization of research infra-structure and human resources formation; and, last but not least,

The creation of better condition to private entrepreneurship, through privileged financing lines, more dynamic capital markets, seed money and instruments for financial intermediation, not to mention better facilities to contract experts and to improve management of intellectual property.

Introdução

O presente trabalho evoca uma tentativa de discutir temas e inquietações que já se manifestavam desde meu ingresso no programa de Pós-Graduação em Mestrado do Departamento de Política Científica e Tecnológica (DPCT), vinculado ao Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas, quais sejam, os debates relativos à abordagem e operacionalidade do conceito de sistemas de inovação. Ao mesmo tempo, a percepção do crescente grau de internacionalização da economia e da emergência de padrões de competitividade cada vez mais vinculados à capacidade de aprendizado e criação de conhecimentos e informações espargiu reflexões acerca da inserção brasileira em tal contexto.

A conformação deste novo paradigma, que diversos autores denominam “sociedade do conhecimento”, explicitou o papel da inovação técnica e organizacional como instrumentos estratégicos, requerendo uma apreensão mais detalhada do processo inovativo em sua dinâmica, motivações e causalidade. É relativamente consensual admitir que tal processo não se dá de maneira unilateral e linear, em que se parte da pesquisa básica para a aplicada, confluindo no desenvolvimento de novos produtos e processos. Com efeito, o processo inovativo é demarcado pela existência de múltiplos mecanismos de interação, interpolação e *feedback*, envolvendo simultaneamente a atuação de um conjunto de atores, organizações e instituições, interagindo e engendrando sinergias com vistas a obter, desenvolver e partilhar conhecimentos, informações, recursos e demais ativos, muitos deles tácitos e intangíveis.

Diante disto, o conceito de sistemas de inovação parece constituir instrumento auspicioso na captação desta dinâmica, dado que o mesmo não presume a atividade inovativa como fenômeno insulado às atividades de P&D realizadas no âmbito de empresas ou institutos de pesquisa, mas sim como um processo que envolve agentes múltiplos e heterogêneos, dotados de distintas competências, motivações e padrões organizacionais. Ademais, não se pode desconsiderar que a tecnologia não é apenas desenvolvida, mas também difundida e incorporada na economia e na sociedade, implicando importantes mudanças organizacionais e no que se convencionou denominar ambiente institucional.

Esta abordagem mais compreensiva do conceito de sistemas de inovação faz com que o mesmo seja abordado sob a égide de distintos recortes, como a análise de sistemas nacionais de inovação (Lundvall, 1988; 1992; Edquist, 1997; Lundvall *et alii*, 2002; Freeman 1987; 2002),

sistemas locais ou regionais (Cooke, Uranga & Etxebarria, 1998; Albagli, 1998; Cassiolato & Lastres, 1998; 2000; Lastres & Cassiolato, 2003) e sistemas setoriais de inovação (Suzigan, 2000; Suzigan *et alii*, 2004; Malerba & Breschi, 1997; Malerba, 2002). Observa-se certa complementaridade entre tais recortes, viabilizando estudos que coadunam dimensões macroanalíticas às peculiaridades e idiosincrasias locais e setoriais.

Não obstante as virtudes desta perspectiva sistêmica, não se pode ignorar que o conceito de sistemas de inovação não corresponde ainda a uma teoria conclusa, registrando-se grande pluralidade de definições e controvérsias quanto ao escopo, atores e instituições nele circunscritos. Com vistas a ordenar a análise realizada neste trabalho, foi identificado um conjunto de categorias analíticas para este fim, quais sejam: *padrões de financiamento; instituições de pesquisa e ensino; empresas; marco legal e regulatório e políticas públicas.*

O sistema nacional de inovação (SNI) brasileiro é fenômeno recente, visto que o estabelecimento de uma política específica para o campo da ciência e tecnologia é evento datado de meados da década de 50 do último século. Neste período configura-se no país apenas um sistema de C&T, na medida que inexistiam grande parte dos atores e vinculações usualmente associados a um sistema de inovação. Este só veio se manifestar de forma mais consolidada a partir dos anos 90.

Este sistema de C&T esteve, em sua origem, imbricado à dinâmica militar. Isto é ilustrado pela própria criação do CNPq, um dos marcos iniciais desta institucionalização, que tinha como principal atribuição a organização de uma política nuclear para o país. Esta vinculação também se expressa na concertação do Plano Estratégico de Desenvolvimento (PED) no ano de 1968, que alçou a C&T à condição de elemento estratégico para viabilizar o ideal de tornar o Brasil uma superpotência econômica e militar.

A evolução do sistema de C&T foi possibilitada pela instituição de distintos mecanismos de financiamento e políticas públicas, dentre os quais se destacam o FUNTEC, o FNDCT, os Planos Básicos de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PBDCT) e, mais recentemente, os Fundos Setoriais. A partir da década de 90 se evidencia no país a conformação de um sistema nacional de inovação, marcado, em termos genéricos, por modestos níveis de investimento público e privado; pela baixa atuação das empresas no financiamento à C&T e execução de

atividades de P&D; restrito grau de interação interinstitucional; lacunas pontuais em marcos legais e regulatórios e inconstância e descontinuidade de ações e políticas públicas, comprometendo a densidade e organicidade de seu ambiente institucional.

A dimensão e peculiaridades existentes no sistema nacional de inovação inviabilizam, contudo, uma análise genérica de sua conjuntura e perspectivas, ocasionando a necessidade de uma análise mais circunscrita e particularizada. Em vista disso, optou-se pela análise do sistema nacional de inovação em biotecnologia.

A biotecnologia pode ser sumariamente definida como um conjunto de técnicas habilitadoras (*enabling technologies*) de base biológica com perspectiva de aplicação em múltiplos setores da economia e sociedade. Seu caráter pervasivo é perceptível em razão do vasto espectro de técnicas e procedimentos – a maioria deles fortemente baseados em ciência – nela empregados, que abrangem distintas áreas do conhecimento humano, tais como a microbiologia, engenharia química, biologia molecular, fisiologia, imunologia e genética, revestindo a biotecnologia de um caráter fortemente interdisciplinar, conjugando um “bloco de conhecimentos” (*building block*) que combina protocolos de pesquisa já existentes com novos procedimentos científicos derivados de diferentes disciplinas, dentre as quais se destacam a bioquímica, biologia molecular e, mais recentemente, a biologia celular (Fonseca, Silveira & Salles-Filho, 1999).

A importância da biotecnologia no contexto mundial é ilustrada pela geração de receitas anuais estimadas em US\$ 35 bilhões e pela existência de mais de 4 mil empresas, que respondem por cerca de 190 mil postos diretos de trabalho (Silveira & Borges, 2004). No que concerne às questões técnico-científicas, estes autores sustentam que o investimento anual em P&D é bastante elevado se comparado a outros segmentos, chegando a quase metade de seu faturamento, perfazendo o montante de US\$ 16 bilhões/ano. A emergência de técnicas de engenharia genética e DNA recombinante abriram a possibilidade de ampla utilização da genômica, proteômica e metabolômica em segmentos díspares como saúde humana e animal, agricultura, cosméticos e outros. Especula-se que com a evolução dos conhecimentos neste campo, a biotecnologia poderia se converter em um novo paradigma técnico-econômico, a exemplo do que se verificou em segmentos como a microinformática e novas tecnologias de informação e comunicação.

A análise da biotecnologia sob uma perspectiva sistêmica é também favorecida por sua natureza interdisciplinar e forte imbricação ao conhecimento científico fronteiriço, que têm estimulado em todo o mundo a formação de arranjos cooperativos de pesquisa, tais como redes, *clusters* e sistemas locais de inovação. A concertação destes arranjos permite o equacionamento de um conjunto de demandas necessárias ao desenvolvimento da biotecnologia, tais como recursos humanos qualificados, acesso facilitado a máquinas, equipamentos e ativos dedicados, compartilhamento de ativos tangíveis e intangíveis, disponibilidade de recursos financeiros (*seed money* e capital de risco), bem como uma articulação mais consistente entre universidades, empresas, institutos de pesquisa, agentes financeiros e institucionais, dentre outros.

No caso brasileiro, o sistema de inovação em biotecnologia (SNIB) se traduz em receitas da ordem de R\$ 500 milhões/ano, correspondente a cerca de 3% do PIB nacional (Assad & Aucélio, 2004). O parque empresarial totaliza 304 empresas, que geram aproximadamente 30 mil postos de trabalho (Judice, 2004). Nota-se uma forte proeminência do setor público, responsável por cerca de 80% dos investimentos e atividades em pesquisa e pólo que absorve praticamente 90% dos recursos humanos capacitados neste campo. Esta precedência é evidenciada pela ação de universidades e institutos públicos de pesquisa no fomento e execução de pesquisas, bem como pela forte vinculação de suas atividades, impulsionando a formação de um contingente volumoso de grupos, linhas e áreas de pesquisa.

A contribuição do setor público foi também estrutural para viabilizar a evolução da biotecnologia no país em direção à fronteira tecnológica da biotecnologia, mormente em campos de engenharia genética e biologia molecular. Destacam-se a instituição do Programa Genoma, iniciado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) em 1997, com vistas a desenvolver competências em genômica e sequenciamento genético e o Programa Genoma Brasileiro (PGB), iniciado em 2000, que resultou na formação da Rede Nacional de Biotecnologia. Em ambas iniciativas optou-se pela organização das atividades sob a forma de redes, envolvendo laboratórios de biologia molecular e bioinformática, contribuindo para a formação de sinergias e difusão de conhecimentos e competências.

O sistema nacional de inovação em biotecnologia denota, tal como no sistema nacional de inovação, um baixo nível de investimento e execução de atividades de P&D pelas empresas que são, na maioria dos casos, empreendimentos de pequeno porte, que atuam em nichos específicos

de mercado e registram período de existência inferior a sete anos, considerado pequeno em um segmento que exige maior prazo para a maturação dos investimentos.

No que concerne ao ambiente institucional, depara-se com uma cultura empresarial pouco afeita a riscos e marcos regulatórios difusos e conflitivos em segmentos estruturais, como a regulação da biossegurança e a demarcação de direitos de propriedade intelectual. Há lacunas e debates importantes também no que concerne à legislação de acesso aos recursos e patrimônio genético nacional. De forma análoga, evidenciam-se problemas de financiamento do setor público e privado, a descontinuidades das políticas públicas, carências em infra-estrutura e formação de recursos humanos em segmentos específicos.

As técnicas de *technological foresight*, com destaque para a análise de cenários, são oportunas para uma análise conjuntural e de possíveis perspectivas para o sistema de inovação em biotecnologia. Estas se inserem em uma perspectiva teleológica, pela qual se almeja e busca uma possível manifestação do futuro. Esta noção se correlaciona ao argumento de Godet (1993), para o qual a prospectiva restaura o desejo como força criadora do futuro, reconhecendo-se que a não existência de uma visão ou direção do futuro implica uma condição presente destituída de sentido e significado.

A prospecção tecnológica é definida como um processo pelo qual se pode buscar um entendimento mais complexo e sistematizado das forças e tendências que condicionam o futuro com vistas à definição de políticas, planejamento e tomada de decisão (Coates *et alii*, 2001). Também subjaz ao *foresight* a identificação de áreas de pesquisa e tecnologias estratégicas que possam se converter em elementos importantes de desenvolvimento econômico e social. Assim, a prospecção ambiciona iluminar as escolhas do presente mediante a luz de possíveis futuros, indicando não a previsão do futuro, mas um olhar através de suas diversas manifestações, conformando a escolha daquela que se mostrar mais apropriada (Miles *et alii*, 2002).

No âmbito das ferramentas de prospecção, a técnica de cenários é aplicada à apreensão de tendências futuras e na busca de soluções e/ou antecipação a problemas complexos, dada a prerrogativa de que o futuro começaria na atualidade, e sua construção implica uma contínua reflexão e avaliação de um conjunto diverso e heterodoxo de circunstâncias e possibilidades (Fahey & Randall, 1998). O desenho de diferentes representações do futuro viabiliza a orientação

da ação presente, condicionando a antecipação a oportunidades e ameaças à luz de futuros possíveis, inspirando ações e opções estratégicas diferenciadas.

As vantagens comumente atribuídas a cenários se relacionam particularmente à preparação de uma empresa, organização ou sistema para as crescentes incertezas do futuro; apoio à tomada de decisão e formulação de objetivos e estratégias institucionais; identificação de oportunidades e riscos originados de mudanças no ambiente externo; viabilização de um exercício coletivo de antecipação de tendências futuras por meio de um processo democrático e gerador de consenso entre múltiplos atores.

É preciso considerar, no entanto, que os cenários não constituem um fim em si, mas consistem base para a reflexão e decisão acerca do futuro. Estes também não implicam a eliminação de incertezas, mas subsídio para preparar a ação e tomada de decisão.

A fim de proporcionar uma exposição mais ordenada, o presente trabalho foi dividido em quatro capítulos, além desta Introdução e da Conclusão. O primeiro aborda o conceito de sistemas de inovação em seus recortes nacional, setorial e regional, seguindo-se uma caracterização do sistema nacional de inovação no Brasil. Apresenta-se brevemente a conjuntura que ocasionou a instituição de um sistema de C&T no país e sua gradual evolução em direção a um sistema de inovação. São analisadas as principais políticas e ações recentes para seu fortalecimento, bem como gargalos estruturais que se interpõem a um maior desenvolvimento, com destaque para restrições orçamentárias e financeiras, modestos níveis de investimento e execução de atividades inovativas no âmbito empresarial.

O segundo capítulo se dedica à exposição da biotecnologia, suas características e dinâmica, delineando seu caráter interdisciplinar e a transição do padrão tradicional para o moderno, motivado sobretudo pela crescente vinculação a técnicas de engenharia genética e biologia celular. Comenta-se ainda o ajustamento de novos marcos regulatórios e estruturas de coordenação, necessários em meio às mudanças, alterações e emergência de novos *stakeholders* promovidos pela moderna biotecnologia. O capítulo aborda ainda, de forma mais detalhada, o recrudescimento de debates e questões vinculadas à biossegurança.

O terceiro capítulo se dedica à exposição de padrões de organização da biotecnologia em países e regiões que têm apresentado um crescimento vigoroso neste campo. O capítulo também

expõe a conjuntura do sistema nacional de inovação em biotecnologia no Brasil, focando sua constituição e contexto contemporâneo, em que são identificados aspectos positivos, lacunas e gargalos a seu desenvolvimento.

Por sua vez, o quarto capítulo consiste na apresentação, mediante a utilização de instrumentos de prospecção tecnológica, de um conjunto de cenários para o sistema nacional de inovação em biotecnologia no país. Estes foram concebidos a partir da identificação de incertezas críticas e elucubrações acerca de possíveis desdobramentos, culminando em quatro cenários prospectivos, quais sejam: *Em Busca do Tempo Perdido*; *Crônica de uma Morte Anunciada*; *Germinal* e *O Ser e o Nada*, que pretendem expor trajetórias de evolução do SNIB e contribuir para a reflexão, tomada de decisão e formulação de políticas para seu fortalecimento.

O trabalho é concluído com a sugestão de um conjunto de prescrições endereçadas à consolidação e robustecimento deste sistema, com destaque para a revisão de políticas e ações voltadas ao SNIB, de modo que constituam mecanismos de estímulo à inovação e ao estreitamento dos atores nele circunscritos; à criação de condições para que as políticas de suporte à biotecnologia sejam efetivas no tratamento e mitigação dos gargalos estruturais deste campo, com destaque para a prospecção e continuidade das mesmas; à perenização, estabilização e elevação de recursos financeiros.

1º Capítulo – O Sistema Nacional de Inovação: Dinâmica inovativa e suporte à sua formação e consolidação no Brasil

Este capítulo pretende expor as linhas e pressupostos que conformam a abordagem metodológica de sistemas de inovação, seguindo-se uma caracterização do sistema de inovação brasileiro, partindo da institucionalização de um sistema de C&T em meados do século XX e culminando no contexto contemporâneo.

Com vistas a se obter maior organização na exposição dos argumentos, o capítulo foi dividido em quatro seções, além desta introdução. Na primeira seção é apresentado o conceito de sistema de inovação e seus distintos níveis analíticos, com destaque para os recortes nacional, local (regional) e setorial. As demais se revestem de um caráter mais empírico e se relacionam à evolução do sistema nacional de ciência e tecnologia e a configuração de um sistema nacional de inovação (SNI) no Brasil. A segunda seção expõe o processo histórico que deu origem ao sistema nacional de C&T, bem como as transformações políticas, econômicas e sociais que motivaram sua transição rumo à formação de um sistema nacional de inovação. A terceira seção identifica e analisa alguns dos entraves a seu incremento, com proeminência às restrições orçamentárias e financeiras do Estado no campo da C&T, a descontinuidade de ações políticas, aos modestos níveis de investimento e execução de atividades inovativas no âmbito empresarial e ao considerável hiato existente entre o setor acadêmico e o setor produtivo. Por fim, a quarta seção sumariza algumas das políticas instituídas para o equacionamento destes entraves, discorrendo acerca da Lei de Inovação, as Leis 10.332/01 e a MP 252/255, dentre outras. O capítulo se encerra com uma síntese das características e dinâmicas do SNI no Brasil, evidenciando variáveis e determinantes para a análise objetiva de sistemas de inovação.

1.1 Sistemas de Inovação e Dinâmica Inovativa

A maior integração da economia mundial, decorrente do processo de ampliação e liberalização dos mercados, revelou uma nova e auspiciosa dinâmica na construção e sustentação da competitividade de nações, empresas e instituições (Guimarães, 2000; Sanchez & Paula, 2001). Depara-se na atualidade com uma transição algo instigante, em que um paradigma caracterizado pelo desenvolvimento de tecnologias intensivas em capital e uso de recursos

energéticos é gradualmente preterido por novo paradigma, por sua vez demarcado pela emergência de tecnologias intensivas em informação e criação de novos conhecimentos (Cassiolato & Lastres 1998, 2000).

Com efeito, esta transição tem persuadido um grande número de pesquisadores, como Lundvall (2001) e Castells (2000), dentre outros, a conjecturar a gênese de uma *sociedade do conhecimento*, caracterizada pela crença que a habilidade em se engendrar condições para um contínuo aprendizado, com vistas à criação e difusão de conhecimentos, é premissa que se revela, como em nenhum outro período, crítica para a orquestração e sustentação de parâmetros superiores de competitividade. Dito de outra forma, depreende-se que o padrão de concorrência vigente se vincula de forma mais estreita à capacidade de detenção do saber e da conformação de modelos organizacionais efetivos para o exercício da atividade inovativa.

Um cenário com tais contornos amplifica o papel e a importância da inovação técnica e organizacional como instrumento concorrencial e demanda, naturalmente, que se focalize o processo inovativo em sua dinâmica, motivações e causalidade. A tentativa de se conceber um instrumento compreensivo e holístico para análise deste fenômeno confluiu na abordagem de sistemas de inovação.

As primeiras acepções ao referido conceito se reportam a estudos realizados por Lundvall (1985) e Freeman (1987), tendo como foco, respectivamente, a relação usuário-produtor e o sistema de inovação japonês. Ao longo dos anos 90, sua definição, delimitação e nível de agregação foram continuamente refinados, dando origem a recortes analíticos nacionais, regionais e setoriais, imbuídos pelo intuito de desagregar e ampliar as possibilidades de escopo da abordagem de sistemas de inovação.

Com efeito, há um relativo consenso de que as possibilidades científicas e tecnológicas e a tradução destas em inovações não seguem uma lógica linear, em que se parte da pesquisa básica para pesquisa aplicada, confluindo no desenvolvimento de novos produtos e processos. O processo inovativo é caracterizado pela existência de imbricados mecanismos de interpolação e *feedbacks* entre distintos atores e instituições. Muito embora sejam as firmas os atores originariamente mais associados à inovação, ao menos em países industrializados, a crescente complexidade deste processo implica que na atualidade estas raramente desenvolvam investigações e atividades de pesquisa de maneira isolada. Na busca por novos produtos e

processos, as empresas interagem com outras organizações a fim de obter, desenvolver e partilhar conhecimentos, informações e outros ativos e recursos.

Em face destas circunstâncias, um dos méritos do conceito de sistema de inovação consiste em não compreender a atividade inovativa ou o desenvolvimento tecnológico como fenômenos restritos às atividades de P&D realizadas no âmbito das empresas, mas sim como um processo que envolve agentes múltiplos e heterogêneos, dotados de distintas competências, motivações e padrões organizacionais. Admite-se que conhecimento e inovação podem decorrer de relações formais e informais entre os agentes, tais como *learning by doing*, *learning by using* e *learning by interacting*, dentre outras formas de aprendizado (Edquist, 1997; Chang & Chen, 2004).

Não se pode deixar de considerar, ademais, que a tecnologia não é apenas desenvolvida, mas também difundida e incorporada na economia e na sociedade, de onde se intui que a mudança técnica transcende o progresso técnico, na medida em que incorpora outros elementos peculiares como transformações organizacionais e institucionais e a forma como agentes interagem entre si e com as instituições vigentes. Emerge, nesta assertiva, um quadro em que o processo de inovação não é motivado pela ação insulada de um único agente, mas fruto de um aprendizado coletivo, interativo e dinâmico (Rosenberg, 1982; Fonseca, 1990; 2001). A abordagem de sistema de inovação corrobora esta visão do processo inovativo e, nestes termos, constitui-se referencial adequado para o entendimento e exposição desta dinâmica.

A globalização econômica e financeira e a emergência de novas tecnologias da informação incutiram um efeito dialético aos sistemas de inovação. Se por um lado tais fenômenos amplificaram os canais de interação econômica e comercial, infligindo à concorrência um contorno cada vez mais global, demandando dos países, setores e regiões ações de fortalecimento a seus sistemas de inovação, por outro espargiu dúvidas acerca da pertinência de se conceberem tais esforços, na medida em que os fenômenos supracitados poderiam conduzir a um cenário onde a difusão e transferência tecnológica seriam facilitadas pelo “estreitamento” das relações internacionais. Dito de outra forma, indagava-se se uma presumível democratização da tecnologia não tornariam obsoletos instrumentos e políticas nacionais e locais de suporte ao desenvolvimento técnico-científico.

A este respeito, deve-se admitir que as tecnologias da informação exercem externalidades inequívocas nas esferas produtiva e inovativa, alterando dimensões e reconfigurando a concepção geográfica e espacial. As sinergias que eram proporcionadas exclusivamente pela proximidade física se juntam àquelas derivadas da comunicação virtual. Todavia, o estreitamento das relações e interação entre agentes anteriormente dispersos não parece substituir ou suplantar os efeitos de políticas locais. De fato, a experiência verificada nos países mais desenvolvidos tem sinalizado justamente o contrário: mais do que suprimir, as tecnologias da informação têm possibilitado o fortalecimento e adensamento de sistemas locais, nacionais e setoriais de inovação (Lündvall, 2001, Mowery, 1998).

Por seu turno, estratégias comerciais e tecnológicas adotadas por algumas empresas transnacionais – como a concertação de programas e redes internacionais de pesquisa e desenvolvimento – poderiam corroborar, ao menos em um primeiro momento, a tese de que a globalização também se daria no campo tecnológico (Howells & Wood, 1993). Em consonância a esta tese, Chang & Chen (2004) e Reich (1991), dentre outros, sustentam que em um contexto em que a tecnologia e negócios se tornam cada vez mais internacionalizados, esforços no sentido de manter programas tecnológicos domésticos se revelariam pouco úteis e dispendiosos. A oligopolização da economia traria consigo ampla difusão tecnológica, proporcionada pela dispersão de empresas transnacionais em regiões menos desenvolvidas, democratizando o acesso ao conhecimento e novas tecnologias.

Esta visão de tecnoglobalismo é, no entanto, sumariamente contestada por autores como Dosi & Castaldi (2002), Castells (2002) e Lall (2002), para os quais a globalização está mais relacionada a uma liberalização assimétrica de fluxos de capital e comércio, que implica efeitos bastante heterogêneos sobre os padrões de aprendizagem tecnológica e distribuição de possibilidades de crescimento entre as nações. Sob esta ótica, o argumento de que a maior integração internacional acompanharia a convergência ou maior uniformidade de potencialidades tecnológicas constituiria uma perigosa falácia para países em desenvolvimento.

A este respeito, Cassiolato & Lastres (2000) destacam ainda que os impactos relativos à difusão tecnológica proporcionados pela ação das empresas transnacionais são bastante tímidos. Os programas e redes internacionais de pesquisa e desenvolvimento envolvem essencialmente os países da chamada tríade Estados Unidos – Japão – União Européia, com espaço restrito para a

participação de países menos desenvolvidos. Isto se justifica pelo aspecto estratégico da tecnologia, dado seu papel determinante na orquestração de condições de concorrência e competitividade. Desta forma, é possível intuir que a tecnologia, de fato, corresponde a um caso salutar de não-globalização, sobretudo no que se refere às tecnologias que se encontram na fronteira tecnológica, as quais, via de regra, são ainda concebidas, desenvolvidas e aperfeiçoadas domesticamente, segundo estratégias definidas nestes espaços. Nesta ótica, a presunção de que políticas nacionais, locais e setoriais de inovação poderiam ser subsumidas pela mera instituição de incentivos para a atração de empresas transnacionais, a fim de que estas se tornem o principal instrumento responsável pela absorção e difusão de novas tecnologias denota uma visão no mínimo ingênua da dinâmica inovativa e do processo concorrencial nos dias atuais.¹

Sistemas Nacionais de Inovação

A vertente nacional de sistemas de inovação se caracterizou pela realização de estudos comparativos entre distintos países, visando identificar peculiaridades que explicariam o melhor desempenho inovativo de alguns destes em relação a outros, obtendo a partir desta análise subsídios para o aprimoramento da formulação e elaboração de políticas de desenvolvimento científico e tecnológico.

Por estar diretamente relacionado aos níveis de competitividade de um país em meio a uma economia crescentemente globalizada e competitiva, o recorte nacional foi o que despertou maior interesse em pesquisadores e *policy makers*, razão pela qual corresponde à perspectiva mais consolidada nas análises de sistemas de inovação (Alem, 2000).

Esta posição é endossada por Nelson *et alii* (1993), organizador de um estudo comparativo entre os sistemas de inovação de quinze países, o qual concluiu que em decorrência da diversidade observada nos instrumentos, arranjos e políticas de suporte à inovação, torna-se inexequível a proposição de um modelo singular de sistema de inovação a ser cumprido pelos

1 A abordagem de sistemas de inovação tem sido empregada sob distintos níveis analíticos nas últimas décadas. Desta forma, podem ser destacados os sistemas nacionais (Freeman, 1987;2002; Lundvall, 1988; 1992; Nelson *et alii*, 1993; Canuto, 1995; Canuto & Arcangeli, 1996; Canuto *et alii*, 2000; Edquist, 1997; Edquist & Johnson, 1997; Lundvall *et alii*, 2002; Niosi, 2002; Nelson & Nelson, 2002); sistemas locais ou regionais (Storper, 1995; Cooke, Uranga & Etxebarria, 1998; Lopez & Lugones, 1998; Albagli, 1998; Lugones & Sierra, 1998; Cassiolato & Lastres, 1998; 2000; Lastres & Cassiolato, 2003) e sistemas setoriais de inovação (Suzigan, 2000; Suzigan *et alii*, 2004; Malerba & Breschi, 1997; Malerba, Orsenigo & Peretto, 1997; Malerba, 2002).

países que buscassem melhor inserção na economia mundial. A conclusão mais auspiciosa deste estudo remete à importância da existência de atores formais vinculados às atividades de produção e difusão de conhecimento científico e tecnológico, tal como universidades, institutos de pesquisa e laboratórios de P&D nas empresas, mas também de atores que viabilizam outras modalidades de aprendizado, com destaque para o *learning by using*, *learning by doing* e *learning by interacting*. Adicionalmente, constatou-se a pertinência de compreender e aprimorar as formas e vínculos pelos quais os atores interagem entre si, bem como a influência dos marcos institucionais - normas, leis, constrangimentos legais, contratos – que demarcam tais interações.

Esta percepção tem estimulado, em vários países, a adoção de políticas públicas diretamente relacionadas ao fortalecimento dos sistemas de inovação, e conferem-se ênfase especial à constituição de instrumentos que favoreçam o estreitamento entre os atores nele circunscritos e a provisão e perenização de recursos financeiros para as atividades científicas e tecnológicas, pesquisa e desenvolvimento. Conforme aponta Alem (2000), a maioria dos países da OCDE tem dedicado significativos esforços para contrabalançar o grau de abertura ao exterior por meio da mobilização e desenvolvimento de instrumentos que permitam a melhoria das condições de competitividade de suas empresas tanto no que se refere às exportações como em relação aos mercados internos, mais expostos à concorrência externa.

Concomitante a isto, os países começam a se dar conta que políticas industriais, comerciais e tecnológicas devem ser tratadas sob uma perspectiva holística. Conforme apontam Cassiolato & Lastres (2000) o banco de dados da OCDE revela que a partir da segunda metade dos anos 80, os gastos públicos destinados a investimento, incluindo aqueles realizados em C&T diminuíram em decorrência de reformas administrativas e fiscais que redefiniram o papel e a estrutura dos Estados nacionais. Todavia, esta diminuição foi mais do que compensada por um aumento de outros instrumentos e políticas que foram reforçadas, com destaque para aquelas de caráter regional de apoio à inovação.

Uma das particularidades mais instigantes identificadas em estudos de sistemas nacionais de inovação remete ao fato de que muitos países, mesmo quando apresentam indicadores macroeconômicos bastante similares, como o volume de seu produto interno bruto ou mesmo o percentual de investimento deste em atividades de C&T, denotam resultados bastante díspares em relação a seu desempenho inovativo e grau de competitividade. Autores como Lundvall (1992) destacam que este fenômeno decorre sobretudo de diferenças consubstanciadas na forma e grau

de organização interna das empresas e outros agentes, investimentos em P&D, papel do setor público, características gerais do setor financeiro e relações e interações existentes entre estas variáveis. Freeman (2002) acrescenta ainda que as diferenças verificadas na forma como os países orientam e organizam o processo de geração, desenvolvimento e difusão de inovações implicam disparidades não apenas na quantidade de inovações produzidas, mas também no ritmo e grau que estas são incorporadas na economia e sociedade.

Cumprindo ainda mencionar que o recorte nacional não apenas enfoca o caráter sistêmico da atividade inovativa, mas supõe também uma análise particularizada das empresas, instituições e marcos regulatórios e jurídicos nele circunscritos. A percepção da importância de vantagens competitivas dinâmicas implica que não apenas as empresas, mas também instituições não primariamente voltadas à realização do lucro (*non profit seeking organizations*) se apropriem de sinergias derivadas do interior do sistema de modo a fortalecer suas competências essenciais, a fim de legitimar suas ações para o Estado e sociedade e, desta forma, criar condições para sua reprodução.

Sistemas Locais de Inovação

Conforme apontam Suzigan *et alii* (2004), a análise de sistemas locais, enquanto reflete a relação entre geografia e inovação, vem nos últimos anos assumindo características multidisciplinares, combinando elementos de geografia econômica, organização industrial, economia da inovação, comércio internacional e economia de empresas. A distribuição regional das atividades de ciência, tecnologia e inovação reflete a própria distribuição regional de conhecimentos que substanciam capacitações técnicas, científicas e tecnológicas. Estas, por sua vez, induzem a localização de atividades produtivas e a formação de aglomerações de empresas que, em muitos casos, conformam *clusters* ou sistemas geograficamente circunscritos de produção e inovação.

A concepção desta relação remonta às contribuições de Marshall realizadas em fins do século XIX, ao apontar distritos industriais bastante peculiares à Inglaterra naquele período. O conceito denota um padrão de organização em que firmas de pequeno porte se especializavam na manufatura e padronização de um número restrito de artigos específicos, sobretudo na indústria têxtil. Estas firmas tendiam a se agrupar geograficamente sob a forma de *clusters* localizados na periferia de grandes centros industriais (Marshall, 1994).

A análise de Marshall revelou que a proximidade entre estas empresas permitia o estabelecimento de amplos canais de sinergia e interação, que facilitavam a resolução de problemas comuns, o compartilhamento de ativos específicos – notadamente o conhecimento – e novas possibilidades técnicas, suscitando freqüentes inovações incrementais, conformando, deste modo, uma espécie de arranjo organizacional.

Tais externalidades permitiam a estas empresas uma inserção satisfatória nos mercados em que atuavam, e permanecem bastante significativas nos dias atuais. Esta tese é endossada por Lastres & Cassiolato (2003), segundo os quais a aglomeração de empresas e o aproveitamento de sinergias geradas por suas interações e destas com o ambiente onde se localizam fortalecem substancialmente suas possibilidades de sobrevivência e crescimento, constituindo fonte importante na geração de vantagens competitivas duradouras.

De forma análoga, Chang & Chen (2004) ressaltam a importância deste arranjo na difusão da componente tácita presente no conhecimento. Sistemas locais de inovação se fundamentam em uma prerrogativa de cultura e identidade coletiva. Estes fatores agem como elementos de convergência, agregando recursos financeiros, capital humano e conhecimentos, notadamente tácitos, uma vez que estes estão usualmente incorporados em indivíduos, organizações e instituições. Deste modo, tais sistemas, além de proporcionarem condições adequadas para o aprendizado coletivo, mostram-se particularmente apropriados à transferência e disseminação desta parcela do conhecimento, mormente aquele desenvolvido em universidades e institutos de pesquisa.

Para que se possam lograr os benefícios deste arranjo, no entanto, é importante o equacionamento de fatores endógenos e exógenos ao mesmo. Em conformidade ao argumento de Suzigan (2000), Albagli (1998), Cassiolato & Lastres (1998; 2000), dentre outros, a proximidade geográfica, especialização setorial, predominância de pequenas e médias empresas e a estreita colaboração entre estas são condições endógenas para que se estabeleça uma identidade sócio-cultural que promova a redução de incertezas e custos de transação entre os atores. Além destas, Freeman (2002) ressalta a necessidade da existência de organizações de apoio destinadas à prestação de serviços comuns como apoio logístico e financeiro.

Por seu turno, as variáveis exógenas são citadas por Cooke, Uranga e Etxebarria (1998), Canuto & Arcangeli, 1996; Canuto *et alii*, 2000, e se referem a instrumentos que não apenas

possibilitam um funcionamento mais harmônico destes sistemas, mas também o revestem de maior autonomia em face de constrangimentos nacionais. Dentre estas se podem destacar a capacidade regional de investimento público e obras de infra-estrutura; atribuição legal na instituição de taxas, impostos e contribuições; sistema educacional e programas de treinamento dirigido às atividades econômicas e vocações regionais e, finalmente, autonomia na formulação e adoção de políticas tecnológicas e industriais.

Sistemas Setoriais de Inovação

Os argumentos em favor de um recorte setorial de inovação se relacionam à heterogeneidade existente entre os diversos setores – e indústrias – que compõem a estrutura econômica capitalista. A análise setorial se prestaria a compreender mais detalhadamente as peculiaridades e forças que regem estes setores.

A partir destas considerações, Malerba (2002) define um sistema setorial de inovação como o conjunto de agentes que se inserem na geração, desenvolvimento, produção, comercialização e difusão de produtos e serviços concebidos segundo possibilidades e condições específicas de cada setor, a partir de uma base específica de conhecimentos, tecnologias, insumos e condições de demanda.

Nesta ótica, os agentes que compõem um sistema setorial podem ser indivíduos – consumidores, empreendedores, cientistas – empresas usuárias, produtoras e fornecedoras ou outras instituições – *non firm organizations* – tais como universidades, institutos de pesquisa, instituições financeiras e agências governamentais, técnicas e as chamadas organizações não-governamentais (ONGs). Estes agentes se caracterizam pela diversidade em termos de competências, processos de aprendizado, crenças, objetivos, estruturas organizacionais e comportamento estratégico, e se relacionam por meio de processos de comunicação, troca, cooperação, competição e comando.

Diferentemente dos recortes ora apresentados, os limites de um sistema setorial não se reportam a fatores geográficos e espaciais, mas sim às características peculiares de cada tecnologia e setor, admitindo a transposição de fronteiras regionais ou nacionais. De forma análoga, são as peculiaridades de cada setor que determinam a intensidade e ritmo da atividade inovativa, remontando ao conceito de regimes tecnológicos (Freeman & Perez, 1988; Rosenberg, 1982). Todavia, como advertem Malerba & Breschi (1997), o regime tecnológico não é o único e

nem necessariamente o mais importante elemento que determina a organização e evolução de um sistema setorial. Há que se considerar o papel de variáveis históricas, competência institucionais, natureza das interações entre os agentes, *path dependencies* e demais processos coevolutivos envolvendo tecnologias, firmas, organizações e instituições (Teece, 2000).

O recorte de sistemas setoriais de inovação se vincula estreitamente ao conceito de vantagens competitivas dinâmicas. Conforme apontaram Porter (1999) e Furman *et alii* (2001), estas se diferenciam das vantagens comparativas, baseadas na abundância de recursos naturais, energia ou mão-de-obra barata, por constituir elementos deliberadamente orquestrados, tais como o investimento na criação de novos conhecimentos e tecnologias, por exemplo. De acordo com Suzigan *et alii* (2004), esta vinculação decorre do fato de que em virtude da impossibilidade de um país ou região se mostrarem igualmente competitivos em todos os setores, dadas restrições econômicas, políticas, sociais e mesmo de conhecimentos e competências, parece plausível que sejam identificados segmentos e áreas mais promissoras, nas quais se reúnam condições potenciais de competitividade. Isto é ainda mais relevante em países cuja escassez de recursos limita de maneira mais incisiva o investimento “horizontal”, como o Brasil e demais países latino-americanos (Alcorta & Peres, 1998).

Complementaridade de Recortes Analíticos

A pluralidade de recortes para a análise da dinâmica inovativa fomentou um debate acerca da abordagem mais apropriada em estudos desta natureza. Afirmou-se, dentre outras assertivas, que a dimensão nacional seria demasiadamente superficial e simplista, por que se deveria preterir a variável regional (Storper, 1995). Outros autores, como Carlsson *et alii* (2002) e Carlsson & Jacobsson (1997), tentaram harmonizar a questão afirmando que o sistema nacional corresponderia à somatória dos sistemas locais e setoriais existentes em um país. Contrariando este argumento, Freeman (2002) apontou o caráter autônomo e complementar entre estes recortes. De forma análoga, Lundvall *et alii* (2002) afirmam que os Estados existem como entidades políticas com agendas próprias relacionadas à inovação, que podem atuar de modo tanto complementar como adverso em relação aos demais sistemas de inovação.

É razoável afirmar que a tentativa de indicar qual das abordagens se mostra mais apropriada ao entendimento da dinâmica inovativa parece ser um falso problema, exatamente em virtude do caráter complementar e sinérgico existente entre as mesmas. Com efeito, um estudo

que busque coadunar as dimensões macroeconômicas, políticas, culturais e sociais inerentes ao modelo de sistema nacional de inovação às peculiaridades e idiossincrasias reveladas pelos referidos subsistemas pode enriquecer e amplificar o entendimento da dinâmica e processo de inovação.

Além do debate acerca do recorte mais oportuno para a análise do ambiente inovativo, aponta-se a grande pluralidade de definições que se prestam à definição do conceito como um fator igualmente abstruso à sua utilização. De fato, para Freeman (1987), o mesmo corresponde à rede de instituições do setor público e privado cujas atividades e interações se voltam à criação, importação, modificação e difusão de novas tecnologias; Lundvall (1992), por sua vez, compreende o conceito como o conjunto de elementos e relações que interagem na produção, difusão e uso de conhecimentos econômicos originais; Niosi *et alii* (1993) sustentam que um sistema de inovação consiste em um sistema de interação entre organizações públicas e privadas, universidades e agências governamentais, tendo por objetivo a produção de ciência e tecnologia, cuja interação almeja o desenvolvimento, proteção, financiamento ou regulação das atividades de ciência e tecnologia; para Metcalfe (1995), por sistema de inovação compreende-se o conjunto de distintas instituições que conjuntamente e individualmente contribuem para a geração, o desenvolvimento e difusão de novas tecnologias, conformando um arranjo dentro do qual governos concebam e implementem políticas para estimular o processo inovativo, a fim de gerar um sistema apto a criar, estocar e transferir conhecimento, habilidades e instrumentos que definem novas tecnologias.

Esta diversidade traz consigo uma controvérsia no que diz respeito ao escopo e atores que deveriam ser considerados na análise de um sistema de inovação. Autores como Edquist & Johnson (1997) sustentam a tese de que um sistema deveria ser recortado pelos agentes que estão explicitamente envolvidos na produção, difusão e gerenciamento do conhecimento científico e tecnológico, conformando uma definição menos abrangente para o conceito e incorporando basicamente o sistema educacional, as atividades científicas e tecnológicas conduzidas em universidades e institutos de pesquisa, além de laboratórios de P&D das empresas.

Outros autores, no entanto, preferem adotar um escopo mais amplo, no qual são incorporados elementos da estrutura econômica, jurídica e cultural de um país ou região. Dentre estes, Amable & Petit (1998) sugerem que um sistema de inovação deve ser estendido de modo a

incorporar a organização industrial, o sistema financeiro, a estrutura do Estado, as normas de competição e modos de relacionamento interfirmas, o quadro jurídico-normativo e, finalmente, as regras, padrões, costumes e pressupostos culturais inerentes a cada sociedade. De forma análoga, Freeman (1987) e Aoki (1988) afirmam que a consideração destas estruturas é de importância crítica para o entendimento dos sistemas de inovação, e se faz necessária para a contraposição e entendimento das peculiaridades de sistemas distintos como o norte-americano e o japonês, por exemplo.

Em que pese a maior complexidade em se adotar uma concepção holística como a supracitada, esta ótica parece mais apropriada para se conceber o ambiente inovativo sob uma perspectiva sistêmica e compreensiva. Em face à abrangência desta assertiva, no entanto, sugere-se a demarcação de alguns critérios, ou categorias analíticas, que se mostrem mais expressivos na apreciação e caracterização objetiva de um sistema de inovação. No escopo deste trabalho, tais categorias consistem em: a) *padrão de financiamento*, abrangendo o investimento do setor público, privado, agências de financiamento e fomento, bem como agentes financeiros e seus respectivos instrumentos de crédito e intermediação financeira; b) *instituições de pesquisa e ensino*, com destaque para universidades, centros técnicos e institutos públicos e privados de pesquisa; c) *empresas* e sua atuação não apenas no fomento à inovação, mas também na concertação de atividades de P&D; d) *marco legal e regulatório*, contemplando as linhas gerais que conformam um ambiente institucional mais propício para o investimento, inter-relação entre atores e agentes, estímulo à cooperação e inovação e direitos de propriedade intelectual e e) *políticas públicas*, relativas ao papel do Estado em propor ações e políticas que se caracterizem pelo caráter pró-ativo, efetividade e continuidade. A partir destas considerações, procede-se a uma caracterização da evolução e dinâmica do SNI brasileiro.

1.2 Histórico e Evolução do Sistema Nacional de Inovação no Brasil

O estabelecimento de políticas específicas para o campo da ciência e tecnologia é fenômeno recente no Brasil e remontam a meados do século passado (Schwartzman *et alii*, 1995). Não se pode, contudo, inferir a existência de um sistema de inovação no país neste momento, arranjo que só começou a se constituir efetivamente no país nas últimas décadas do século XX.

Conforme aponta Morel (1979), fatores econômicos, históricos e sociais decorrentes da colonização brasileira marcaram decisivamente os contornos do que viria a ser o sistema de C&T e, posteriormente, seu sistema nacional de inovação. A herança colonial do país se distingue por um contexto pouco favorável a seu desenvolvimento, dado fatores como a proibição da imprensa e da criação de indústrias, deficiência no sistema escolar e inexistência de universidades, ausência de mecanismos de intercâmbio entre as instituições de ensino da colônia e as da metrópole (contrariamente ao que ocorrera nas colônias espanholas) e outros entraves. A conjunção destes fatores restringia sobremaneira as perspectivas de surgimento de uma cultura científica no país, e as esparsas ações contrárias a esta tendência eram ocasionadas por pequenos grupos de brasileiros que detinham condições de realizar seus estudos no exterior ou pela presença esporádica de pesquisadores estrangeiros.

Nesta fase, ações de estímulo ao desenvolvimento científico e tecnológico eram motivadas apenas por elementos exógenos circunstanciais, que demandavam medidas de caráter imediato a problemas e demandas específicas. A transferência da família real portuguesa para o país no ano de 1808 configurou um destes estímulos, e a elevação da colônia à condição de Reino Unido de Portugal exigia atos que pudessem torná-la apta a executar este papel. Por esta razão foi revogado o alvará que impedia a implantação de indústrias e conferiu-se autorização para o funcionamento da imprensa. De forma análoga, a necessidade de contar com um corpo técnico e profissionais liberais condicionou a criação da Escola de Anatomia e Cirurgia na Bahia e Escola de Anatomia, Cirurgia e Medicina no Rio de Janeiro. Foram ainda instituídas a primeira biblioteca pública no país, a Academia da Marinha e a Academia Militar, que posteriormente se transformaria na Escola Central, precursora da Escola Politécnica, dentre outros núcleos educacionais.

A passagem do século XIX para o século XX perpetrou a criação de importantes instituições de pesquisa científica no Brasil, muitas das quais permanecem até os dias atuais. Assim, além de uma reorientação nas atividades de órgãos como o Jardim Botânico e Museu Nacional, que privilegiou suas funções de pesquisa e investigação, surgem o Museu Paraense (Goeldi), em 1885, o Museu Paulista (1893), Instituto Agrônomo (1887), Instituto Bacteriológico de São Paulo (1893), Instituto Butantã (1899) e Manguinhos (1907), que viria a se tornar a Fundação Oswaldo Cruz, e a Universidade de São Paulo (USP) em 1934. A despeito

destas transformações, persistiu o caráter passivo e reativo da ciência brasileira, cujas ações se prestavam ao atendimento de demandas imediatas, permanecendo as ações isoladas de uns poucos indivíduos sem grande atenção ou respaldo do Estado.

Os anos 50 descerram a consolidação do capitalismo industrial no Brasil e sua proeminência ao modelo agrário-exportador. Observa-se um crescimento intensivo da população urbana e uma gradual evolução do setor industrial, que se torna mais amplo, complexo e diversificado. O Estado passa a intervir de forma mais incisiva na economia, na condição de agente norteador, investidor e empresário. Junto a ele, o capital estrangeiro também se insere de forma mais acentuada na realidade nacional, vinculado a setores industriais mais dinâmicos, como bens de consumo durável, indústria automobilística e alguns bens de capital (Schwartzman *et alii*, 1995).

Esta conjuntura marca a institucionalização das atividades de pesquisa no Brasil e a criação de um sistema de C&T, manifestado sobretudo pela criação do Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq), pela lei nº 1.310 de janeiro de 1951, da Campanha Nacional de Aperfeiçoamento do Ensino Superior (CAPES) e do Fundo de Desenvolvimento Técnico-Científico (FUNTEC), no âmbito do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico (BNDE) com vistas a financiar programas de formação de recursos humanos em nível superior.²

É mister ressaltar que a instituição de um sistema de C&T no país teve em sua origem forte correlação à dinâmica militar. Com efeito, a própria criação do CNPq, sob a coordenação do Almirante Álvaro Alberto, foi decorrência da tentativa de se organizar uma política nuclear para o país³, haja vista que a comunidade científica, representada pela Academia Brasileira de Ciências (ABC), tentara em vão impulsionar a criação de um órgão desta natureza desde a década de 30 (Guimarães, 1995).

2 Estas instituições correspondem hoje ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES).

3 Foi apenas a partir de 1964, em decorrência da lei nº 4.533 que o CNPq foi reformulado e teve seu escopo de atuação ampliado, passando a coordenar a política científica e tecnológica em outras linhas e áreas do conhecimento. Esta é a razão por que Souza & Assad (1987) questionam a década de 50 como o marco inicial da institucionalização de um sistema de C&T no país. Para as referidas autoras, este processo só se teria dado a partir dos anos 60, visto que na década anterior o foco estava restrito à política nuclear.

Esta correlação entre ciência, tecnologia e poder militar se tornou mais evidente a partir de 1967, no governo Médici. De fato, a criação do Plano Estratégico de Desenvolvimento (PED), no ano de 1968, alçou a C&T à condição de recurso estratégico para viabilizar o ideal de conversão do Brasil em uma potência econômica e militar. A lógica imanente a isto se prendia à percepção de que a capacidade de desenvolvimento científico e tecnológico era condição *sine qua non* para a consecução de tal objetivo, convertendo-se em um *investimento para o futuro*.

Para dar prosseguimento a este intento, foi instaurado no início dos anos 70 um conjunto de ações ordenadas com vistas ao fortalecimento do sistema nacional de C&T. Emulando-se o modelo de desenvolvimento econômico-industrial norte-americano, cujo fulcro às universidades constituía traço essencial, investiu-se de forma intensiva na formação de cursos de pós-graduação de forma articulada a um instrumento financeiro que lhe conferisse condições apropriadas de funcionamento e execução. Inicialmente, este instrumento foi o FUNTEC e, posteriormente, foi instituído o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), instituído através do Decreto-Lei nº 719 de 1969. O PED também instituiu a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), criada em 1967, na condição de secretaria executiva para o assessoramento e controle dos recursos deste fundo, a partir de 1971 (Ferrari, 2002).

Os recursos que compunham o FNDCT eram provenientes de diversas fontes, tais como dotações orçamentárias do Tesouro, empréstimos de instituições financeiras internacionais, incentivos fiscais, parcela de contribuições de intervenção no domínio econômico (CIDE), doações de entidades públicas e outras. A disponibilidade destes recursos ao longo da década de 70 esteve associada a duas das características principais do projeto desenvolvimentista nacional, quais sejam, o permanente acesso a recursos externos, seja na atração de investimentos internacionais ou empréstimos, bem como uma política deliberada de restrição ao aumento da massa salarial (Galvão, 2003).

Dado que o projeto de desenvolvimento do sistema nacional de C&T passava pelo apoio à formação da pós-graduação no país, este se converte no indicador mais evidente do papel e importância do FNDCT neste período. Conforme apontado por Guimarães (1995), o número de cursos de mestrado saltou de 125, em 1969, para 974 no ano de 1979. A taxa de crescimento de cursos de doutorado foi ainda maior, tendo passado de 32 para 257 no mesmo período. Um dos aspectos que estimulava sobremaneira a criação destes cursos se traduz na forma singular de

operação do fundo, denominada *apoio institucional*, em que não apenas vigorava a contratação de projetos de alto valor, mas também se deparava com grande flexibilidade na utilização de recursos, que cobriam a execução de obras e instalações físicas, equipamentos e material de consumo, salários e tudo que fosse necessário para a instalação e consolidação de grupos de pesquisa, programas de pós-graduação ou mesmo departamentos universitários.

Foi também neste contexto que se definiram as bases para o primeiro Plano Nacional de Desenvolvimento (I PND), que vigorou entre 1972 e 1974. O Plano priorizou a implantação de centros regionais de pós-graduação, visando à formação de recursos humanos de alto nível. De forma adjacente a este, foi implantado em 1973 o primeiro Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (I PBDCT), que destacava a importância de desenvolvimento dos “fatores de expansão”, com vistas ao desenvolvimento de áreas tecnológicas prioritárias, com destaque para a energia nuclear, pesquisa espacial, oceanografia, desenvolvimento da infraestrutura de pesquisa e capacitação tecnológica das empresas nacionais públicas e privadas nos setores de eletrônica, química e aeronáutica (Santarosa, 2001).

Por sua vez, o segundo Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND), que vigorou entre 1975 a 1979, teve como principal objetivo concretizar a estrutura industrial brasileira e consolidar o processo de substituição das importações mediante uma política anticíclica, na medida em que neste período a maior parte dos países havia iniciado um ajuste recessivo em suas economias em decorrência dos choques do petróleo. Visava-se alçar o país à condição de potência emergente, a partir de grandes projetos de investimento (GPIs) aplicados nas áreas de petróleo e petroquímica, energia elétrica, produção de aço e metais não-ferrosos, papel e celulose, bem como na conclusão de alguns mega-projetos, tais como a hidrelétrica de Itaipu, a ferrovia do aço e o programa nuclear.

De forma análoga, o II PBDCT (1975-1979), gestado sob inspiração do II PND, constituiu um dos momentos mais profícuos para a gestação do que viria a se constituir posteriormente no sistema nacional de inovação, ao propor ações que estreitassem os vínculos entre os atores e as políticas científica, tecnológica e industrial. A exemplo do que afirmara Médici, o general Geisel manifestou não poucas vezes a crença de que ciência e tecnologia constituiriam elementos estratégicos ao processo de crescimento e modernização do país, contribuindo e impulsionando de maneira pervasiva todos os setores da economia e sociedade. Embora o traço mais consistente

desta política ainda versasse na importação de tecnologias, buscava-se elevar o componente autônomo de adaptação destes e gradual substituição de importações. Este esforço de adaptação representaria um avanço qualitativo à mera aquisição de pacotes tecnológicos ou transferência tecnológica, e condicionaria o desenvolvimento tecnológico autóctone. Este foco mais concentrado na dinâmica tecnológica consiste, de acordo com Salles-Filho (2003; 2002), o traço mais distintivo do II PBDCT em relação ao programa anterior.

Cumpre ainda mencionar que durante o II PBDCT foi amplamente estimulada a ação de centros de pesquisa e desenvolvimento presentes em algumas empresas estatais, em caráter complementar às ações e políticas ora mencionadas. Alguns destes centros lograram grande êxito no que diz respeito à incorporação, adequação e engenharia reversa. Para Erber e Amaral (1995), são particularmente auspiciosos os casos do CENPES (Petrobrás), CPqD (Telebrás) e CEPEL (Eletrobrás). Segundo os autores, estes centros foram responsáveis por cerca de por aproximadamente 10% de todas as inversões nacionais em C&T ao longo da década de 70, resultando em importantes avanços nos segmentos de prospecção *off-shore*, comutação eletrônica, transmissão digital, comunicações ópticas e via satélite, assim como um vasto programa de planejamento energético em âmbito nacional, que viabilizou estudos e análises acerca do aproveitamento hidrelétrico da região amazônica, construção de sistemas de transmissão nos sistemas Sul-Nordeste e Centro-Oeste e construção da usina hidrelétrica de Itaipu.

No entanto, ainda que as ações e políticas desencadeadas pelo Estado tenham se concentrado na construção de instrumentos voltados a uma maior endogeneização da capacidade científica e tecnológica, não se observou grande correspondência do setor produtivo, que de forma geral manteve uma postura pragmática, e muitas vezes oportunista e mesmo predatória no que diz respeito à sua base tecnológica. Com efeito, o sistema de C&T esteve desde sua origem assentado e uma concepção linear do processo de inovação, segundo a qual o desenvolvimento científico conduziria necessariamente ao desenvolvimento tecnológico e à geração de inovações, segundo uma ótica *ofertista*.

Nesta ótica, supunha-se que a concertação de uma infra-estrutura de pesquisa e o fomento à formação de recursos humanos capacitados implicaria espontaneamente um maior desenvolvimento das competências técnicas e inovativas, seguindo-se a oferta de produtos e

recursos às empresas e setor produtivo. No entanto, conforme apontaram Schwartzman *et alii* (1995) e Galvão (2003), dentre outros, a instituição da indústria brasileira se deu mediante aquisição de pacotes tecnológicos maduros e/ou em obsolescência provenientes das matrizes de empresas multinacionais. Não obstante, a proeminência de empresas multinacionais, que detinham como estratégia tecnológica a incorporação de técnicas e processos desenvolvidos em suas matrizes, desconsiderando os recursos derivados deste modelo ofertista contribuiu para a criação de um cenário de insulamento em relação à tecnologia e conhecimento que se geravam em âmbito local. Dito de outra forma, ainda que as intenções propugnadas pelo II PND apontassem de maneira bastante incisiva a necessidade de internalização de competências tecnológicas e inovativas, o incentivo à industrialização não despertou a criação de uma base técnico-científica empresarial articulada aos problemas da produção e economia nacional.

Em tais condições, constatou-se um progressivo afastamento entre os objetivos e diretrizes da política industrial e aqueles da política científica e tecnológica, afligindo a coerência da ação governamental no campo das políticas de inovação. O desejo que se manifestara na concepção do II PND e do II PBDCT em iniciar de forma vigorosa um processo de autonomização tecnológica não encontrava correspondência no ambiente industrial. Como resultado, o sistema de C&T, ao invés de evoluir para uma condição de maior condensação e robustez terminou por se isolar mais e mais das demais políticas públicas, que passaram a adotar um viés mais pragmático e imediatista.

O ano de 1979 marca um ponto de inflexão nas condições de desenvolvimento da política científica e tecnológica nacional, em que o FNDCT, em virtude do desequilíbrio nas contas do Governo, dos sucessivos choques nos preços do petróleo e do aumento unilateral, por parte do *U.S. Federal Reserve*, da taxa de juros norte-americana, entrou em um período de crise e declínio, com diminuição progressiva e consistente no volume de recursos disponíveis, reduzindo o valor médio dos apoios institucionais e provocando pulverização de recursos (Queirós, 2001).

A respeito desta conjuntura, Barros de Castro & Souza (1985) destacam que no início do governo Geisel, em 1974, a dívida externa brasileira alcançava a cifra de US\$ 17,16 bilhões e o serviço da dívida remontava a 32% das exportações totais. No final de seu governo, em 1979, 76% das exportações estavam comprometidas com o serviço da dívida, e seu montante chegava a US\$ 49,8 bilhões. Nestas condições, a principal fonte de receitas para o FNDCT, os empréstimos

e investimentos externos, entraram em colapso, com a diminuição do aporte de recursos para investimentos produtivos e a baixa atratividade de captação de novos recursos. Os países em desenvolvimento que haviam recorrido sem parcimônia ao crédito internacional vislumbraram, a partir deste momento, a necessidade de pagamento de suas dívidas contratadas sob taxas flutuantes e repactuações periódicas que tendiam a uma contínua elevação.

A passagem para a década de 80 descerrou o esgotamento do modelo nacional desenvolvimentista, com severas implicações para o papel e *status* que a C&T havia logrado durante sua vigência. Desta forma, os primeiros anos da década de 80 registraram a paulatina desaceleração do ímpeto com que se perseguiu uma maior endoginização da capacidade inovativa. O desenvolvimento tecnológico do parque produtivo instalado com as inversões do II PND, embora bastante satisfatório em termos de capacidade produtiva, revelava uma trajetória obstruída ante o quadro de crise e recessão, que impedia novos empréstimos e gerava capacidade ociosa.

Um reflexo desta crise pôde ser observado na estrutura do III PND, elaborado para o período de 1980 a 1985. O plano não trouxe números e foi pejorativamente designado como o primeiro plano de metas sem metas, tendo se constituído mais pelo cumprimento da determinação constitucional de consignação de planos quinquenais que por uma política explícita de desenvolvimento. O seu respectivo plano para a área de C&T, o III PBDCT, revelou dinâmica semelhante, assumindo que a descontinuidade do processo de consolidação de um sistema de C&T e de uma estrutura científica e tecnológica, a insuficiente articulação do Sistema Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (SNDCT) e a carência de recursos humanos qualificados na produção, uso e difusão do conhecimento científico e tecnológico constituíam entraves que deveriam ser corrigidos. Orientava-se a importância da realização de ações integradas dos setores público e privado nas áreas de agropecuária, energia e desenvolvimento social. Contudo, não havia qualquer referência a instrumentos ou recursos materiais que seriam alocados para a consecução de tais diretrizes. Desta forma, o III PBDCT foi frutífero no diagnóstico das carências do setor, mas não propunha quaisquer instrumentos para a intervenção e equacionamento de tais entraves, consistindo em pouco mais do que um plano geral de intenções.

Um dos fatores que auxiliam a compreender este quadro estático remete ao fato de que a arquitetura institucional do SNDCT⁴ fora concebida nos anos 70 e se mostrava pouco apropriada à conjuntura que se atravessava na década de 80. As restrições crescentemente impostas quanto à destinação dos recursos – quando não a própria inexistência dos mesmos –, bem como a falta de organicidade das ações ocasionou sua gradual fragmentação em compartimentos estanques, implicando muitas vezes duplicidade de esforços e recursos e trajetórias conflitantes das instituições que o compunham.

Programas de Incentivo à C&T a partir dos anos 80

O advento da Nova República resultou em grandes expectativas de mudanças, que se estenderam à área de C&T. A criação de um ministério específico para a área permitia vislumbrar maior atenção e destaque ao segmento. E de fato, conforme apontou Guimarães (1995) se observou uma pequena recuperação nos recursos do FNDCT, ainda que de modo mais tímido do que se havia aportado nos anos 70. A insuficiência destes recursos abriu caminho para a busca de novas alternativas de financiamento para o setor, culminando com a criação do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PADCT).

O PADCT resultou de um acordo entre o governo brasileiro e o Banco Mundial em que se ambicionava ampliar, por meio de financiamento externo, os recursos disponíveis internamente para investimento em ciência e tecnologia. Ainda que em seus aspectos formais o programa

4 Conforme apontou Galvão (2003), o SNDCT era composto por um conjunto de subsistemas, em cujo centro figurava o CNPq, com atribuição formal de assessorar a Secretaria de Planejamento da Presidência da República (SEPLAN) na formulação e acompanhamento da política científica e tecnológica. A seu lado, encontrava-se a FINEP, incumbida do fomento à referida política e gestora do FNDCT. A partir deste núcleo central de coordenação, orbitavam subsistemas como o agropecuário, do qual faziam parte a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), a Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMBRATER) e um amplo conjunto de organizações estaduais de pesquisa agropecuária (OEPAs); o de tecnologia industrial, composto pela Secretaria de Tecnologia Industrial do Ministério da Indústria e Comércio (STI-MIC), o Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), o Instituto Nacional de Tecnologia (INT) e o Instituto Nacional de Metrologia (INMETRO); o subsistema educacional, constituído pela CAPES e pelo conjunto das universidades federais e o sistema de estratégia militar, do qual faziam parte o Instituto de Pesquisas da Marinha (IppM), o Centro de Tecnologia do Exército (CTEx) e o Centro Tecnológico da Aeronáutica (CTA). Pode-se ainda destacar um subsistema inerente ao próprio CNPq, formado por um conjunto de institutos públicos de pesquisa, como o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Observatório Nacional (ON), responsável pelo Laboratório Nacional de Astrofísica (LNA) e o Instituto Brasileiro de Bibliografia e Documentação (IBBD), que foi posteriormente reformulado e se tornou o Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT), dentre outros.

remeta ao ano de 1984, uma primeira fase experimental se deu a partir de 1982, sob coordenação do CNPq e participação da CAPES e da FINEP, atuando como órgão de fomento. Com a criação do MCT, no ano de 1985, a coordenação do programa foi atribuída ao mesmo e as agências passaram a atuar em sua execução. Em sua totalidade, o PADCT se dividiu em três etapas, em acordos de empréstimos celebrados com o Banco Mundial em 9 de julho de 1985 (Loan 2489/BR), 15 de fevereiro de 1991 (Loan 3269/BR) e 17 de março de 1998 (Loan 4266/BR).⁵

A primeira fase deste programa, que se estendeu até 1991, envolveu recursos de US\$ 172 milhões, dos quais US\$ 72 milhões foram concedidos pelo BIRD e os US\$ 100 milhões restantes corresponderam à contrapartida brasileira. Nesta etapa, o principal propósito era ampliar e consolidar a competência técnico-científica nacional no âmbito de universidades, centros de pesquisas e empresas em áreas definidas como prioritárias, reforçando a infra-estrutura de apoio e serviços essenciais ao campo da C&T, fortalecendo ligações entre o meio acadêmico e o setor produtivo e restabelecendo o SNDCT. Ao todo, foram contemplados cerca de 2700 projetos de pesquisa básica e aplicada em dez áreas temáticas consubstanciadas em subprogramas específicos, quais sejam, Química e Engenharia Química, Geociências e Tecnologia Mineral, Biotecnologia, Instrumentação, Educação para a Ciência, Informação em C&T, Planejamento e Gestão em C&T, Tecnologia Industrial Básica, Manutenção e Insumos.

A segunda etapa do programa, que vigorou entre 1991 e 1997, consistiu de fato na continuidade das ações da primeira, notadamente no que dizia respeito a seus objetivos e diretrizes, embora tenha havido a incorporação de duas novas áreas temáticas, Novos Materiais e Ciências Ambientais. A tentativa de condensar e fortalecer o sistema nacional de inovação foi evidenciada pelo apoio mais explícito a projetos que pudessem resultar em inovações tecnológicas em produtos e processos. Esta etapa contou com recursos da ordem de US\$ 300 milhões e atendeu cerca de 1800 projetos, de modo que em termos agregados as duas primeiras fases do PADCT implicaram investimentos estimados em US\$ 470 milhões, alocados em aproximadamente 4500 projetos (MCT, 1998).

⁵ Disponível em www.mct.gov.br. Acesso em 28 de março de 2004.

A terceira fase do PADCT, iniciada em 1998 e ainda em curso prevê recursos avaliados em US\$ 360 milhões⁶, teve como propósito fundamental a concepção de mecanismos que permitissem a difusão e a transferência de tecnologia do setor acadêmico para o setor industrial e a criação de instrumentos mais adequados e eficazes de interação entre os dois setores, tanto em nível nacional como internacional. As áreas básicas que foram concebidas para implementação das ações se referem à Química e Engenharia Química, Biotecnologia, Geociências e Tecnologia Mineral, Ciência e Engenharia de Materiais, Ciência Ambiental e Física Aplicada.

Dentre os atuais desdobramentos do III PADCT, destaca-se a instituição de um sub-programa – Institutos do Milênio – voltado à consolidação e fortalecimento de institutos de pesquisa de padrão internacional, que se situem na vanguarda do conhecimento científico e tecnológico em campos estratégicos da C&T. Um aspecto interessante deste programa se refere à adoção de um modelo organizacional centrado na formação de redes, em que se estimulam *spill overs* e a formação de novos grupos de pesquisa, consolidando a base instalada da C&T nacional e favorecendo sinergias e partilha de conhecimentos e competências, impulsionando a desconcentração do conhecimento.

O primeiro edital deste programa recebeu 206 propostas, das quais foram contemplados 15 projetos denominados “institutos”, que funcionam sob a forma de redes em distintas áreas do conhecimento, como saúde, matemática, meio ambiente, agricultura, novos materiais, nanociências, estudos costeiros, astronomia e bioengenharia. Um segundo edital organizou redes de pesquisa sobre o semi-árido, oceanografia e a região amazônica. Este edital fortaleceu e legitimou a criação do Instituto Nacional do Semi-Árido, formalmente estabelecido em 2003 e sediado em Campina Grande, na Paraíba. No início de 2005 foi lançado um novo edital contemplando os Institutos do Milênio, que prevê investimentos da ordem de R\$ 90 milhões até o ano de 2008, abrangendo um total de 19 áreas de pesquisa.⁷

6 Disponível em www.mct.gov.br. Acesso em 28 de março de 2004.

7 Dentre estas áreas e temas se destacam fármacos e produtos naturais; desenvolvimento e produção de vacinas, produtos imunobiológicos e conjuntos diagnósticos; terapia gênica, telemedicina, estudos de ecossistemas e biodiversidade da Amazônia, Pantanal, Semi-Árido e Cerrado; melhoramento animal e vegetal convencional e transgênico; nanotecnologia e softwares; energia nuclear; fontes alternativas de energia; recursos do mar; estratificação social e desigualdade; democracia e cidadania;

O Programa de Apoio aos Núcleos de Excelência (PRONEX), iniciado em 1995, foi pioneiro na organização sob a forma de redes e o caráter seletivo no apoio a institutos de pesquisa específicos, e consistiu a referência organizacional posteriormente empregada na concertação dos Institutos do Milênio. O programa foi resultado da mobilização de um conjunto de instituições, dentre as quais se destacaram, além do CNPq, FINEP e CAPES, a Academia Brasileira de Ciências (ABC) e a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), que elaboraram conjuntamente a proposta do PRONEX como forma de atenuar as severas restrições financeiras e orçamentárias que se verificaram na segunda metade da década de 90. Em linhas gerais, esta consistia em uma modalidade de apoio seletivo e dirigido a núcleos de reconhecida excelência, como forma de não se fragmentar grupos de pesquisa de maior produtividade ou que ruíssem os esforços ora despendidos em programas de pesquisa mais promissores. A manutenção destes núcleos era também justificada por seu papel catalizador e atrativo de novos grupos, possibilitando a transferência de conhecimentos de alto conteúdo científico e tecnológico.

A primeira fase de atuação do PRONEX se estendeu entre 1995 até 2003. Neste período, foram lançados três editais, nos anos de 1996, 1997 e 1998, com um total de 208 projetos contratados. O primeiro edital aprovou 77 projetos e contou com recursos de R\$ 94 milhões. O segundo edital, julgado em 1997, aportou recursos de R\$ 62 milhões distribuídos ao longo de 85 projetos. Por sua vez, o terceiro edital alavancou recursos de R\$ 32 milhões que custearam um total de 46 projetos.⁸ É importante frisar que sucessivas medidas de contingenciamento de recursos inviabilizaram o cumprimento do cronograma de desembolsos inicialmente acordado, bem como a execução dos mesmos, tornando forçosa a prorrogação nos prazos de desembolso e conclusão das atividades de pesquisa. Isto não significa que não tenha havido perdas e descontinuidade em projetos e equipes de pesquisa, que eclipsaram a credibilidade do programa.

No ano de 2003 o CNPq deu início a uma tentativa de recuperação do PRONEX, tendo este passado por uma reformulação que almejava uma ampliação em seu aporte de recursos juntamente a um processo de desconcentração regional do investimento em C&T. Isto se deu mediante a assinatura de convênios entre o CNPq e diversas Fundações Estaduais de Amparo à Pesquisa (FAPs) de outras unidades da Federação. A lógica deste novo arranjo consiste na criação de editais conjuntos entre o CNPq e as FAPs, que passaram a ter maior autonomia na

seleção das propostas no âmbito de cada Estado, ao mesmo tempo em que se comprometiam a arcar com uma contrapartida financeira equivalente aos recursos aportados pelo CNPq, duplicando assim os recursos do programa.⁹

Cumprir mencionar, no entanto, que se por um lado a duplicação dos recursos do programa foi vista como fenômeno desejável, a descentralização do processo decisório na seleção de propostas não foi desprovida de críticas. Ainda que o CNPq tenha sustentado que a inclusão das FAPs em tal processo teria efeitos positivos na cristalização das vocações regionais de pesquisa, soergueu-se certo ceticismo no que diz respeito à possível perda do sentido original do programa, qual seja, o fomento continuado a grupos de excelência, uma vez que as FAPs não estão sujeitas a qualquer critério objetivo que permita distinguir núcleos de excelência e grupos emergentes.

A despeito desta controvérsia, destaca-se que a estratégia de duplicação de recursos do programa tem sido bem sucedida. Até o presente momento foram selecionadas 89 propostas, que representam investimentos de R\$ 25,8 milhões em um período de três anos, dos quais o CNPq se comprometeu a despendar metade desta parcela, enquanto as FAPS e Governos Estaduais responderão pelos R\$ 12,9 milhões restantes.

Juntamente aos programas ora mencionados, merece ainda ser destacado o Programa de Formação de Recursos Humanos para as Atividades Estratégicas (RHAE), instituído pelo MCT no ano de 1987. A tônica deste programa consistiu no apoio a estudos nas áreas de química fina, biotecnologia, informática, microeletrônica e novos materiais, visando a formação de massa crítica de pesquisadores e técnicos qualificados, fortalecer equipes atuantes em empresas, universidades e centros de pesquisa, bem como atender demandas específicas de instituições e empresas (Costa *et alii* 2002).

Esta concepção inicial do RHAE foi alterada a partir de 1990, quando a Portaria nº 161 estabeleceu novas áreas de apoio para o programa, incluindo energia, meio ambiente, tecnologia industrial básica (TIB) e tecnologia mineral. Ao mesmo tempo, o foco de sua atuação se

8 Disponível em www.mct.gov.br. Acesso em 18/03/2004.

concentrou menos na formação de competências científicas e mais no desenvolvimento tecnológico industrial. Tais ações visavam adequar o programa às diretrizes do Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade (PBQP) e do Programa de Capacitação Tecnológica da Indústria (PACTI), criados pelo então presidente Fernando Collor de Mello.

Conforme apontam Cornelsen, Waack & Assad (1994), o instrumento fundamental de atuação do RHAE foi a concessão de distintas modalidades de bolsas juntamente a outros benefícios, como a disponibilização de passagens e estadia para o aperfeiçoamento em cursos no país e no exterior; apoio financeiro para a participação e acompanhamento em congressos científicos, visitas de consultores do Brasil e do exterior, bem como recursos para realização de estágios e especializações. Ademais, o RHAE atuava no apoio de projetos com características institucionais, nos quais era apoiada a estratégia de recursos humanos da instituição em termos de desenvolvimento tecnológico, e não linhas de pesquisa individuais e específicas. Com estas novas atribuições, o RHAE incorporou um viés mais tecnológico do que científico, partindo-se da aceção de que as atividades já executadas permitiam uma interação mais sofisticada entre a comunidade científica e o setor produtivo e industrial.

Ainda em relação aos instrumentos disponibilizados pelo RHAE, constata-se que os mesmos foram deliberadamente instituídos para possibilitar não apenas a capacitação e aperfeiçoamento dos recursos humanos que atuavam em atividades de desenvolvimento tecnológico nas empresas, mas também, e principalmente, para propiciar a agregação às equipes das empresas de recursos humanos altamente qualificados provenientes de universidades, ambicionando a ampliação das relações entre universidades e empresas em atividades de P&D. Explicita-se, nestes termos, o propósito de adensamento de dois núcleos basais em um sistema de inovação, quais sejam, a universidade e o setor produtivo.

Este propósito se manteve evidente quando da criação do RHAE-INOVAÇÃO, vinculado ao Fundo Verde Amarelo. Cumpre destacar, no entanto, que este novo programa se utiliza de instrumentos distintos daqueles utilizados pela proposta original do RHAE, vinculando-se às

9 Os Estados que firmaram estes convênios são Alagoas, Amazonas, Bahia, Ceará, Goiás, Minas Gerais, Pará, Paraíba, Paraná, Pernambuco, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Rondônia, Santa Catarina e São Paulo.

modalidades de apoio previstas nos Fundos Setoriais, mencionados com maior destaque no item a seguir.

Os Fundos Setoriais

Os Fundos de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Fundos Setoriais – foram instituídos a partir de 1999 e pretendem constituir um ponto de inflexão na trajetória da política nacional de C&T, na medida em que consubstanciam novos padrões de financiamento, gestão e alocação de recursos.

Estes buscam se diferenciar das ações e políticas ora mencionadas por seu caráter indutivo – em oposição ao modelo ofertista – e pela incorporação de técnicas de prospecção tecnológica, refletindo um quadro mais seletivo na identificação de suas demandas e prioridade, racionalizando dispêndios. Ao mesmo tempo, MCT (2001) assinala que os Fundos conformam uma política de estímulo ao desenvolvimento tecnológico empresarial com vistas à desconcentração regional dos investimentos e incentivo a vocações locais, formação e capacitação de recursos humanos e, finalmente, proporcionar maior aderência entre os atores que compõem o sistema nacional de inovação.

A proposição e implementação dos Fundos se deu de forma simultânea ao contexto de liberalização e desestatização que teve curso durante a gestão de Fernando Henrique Cardoso (1994-2002). Isto significou a privatização ou arrendamento de diversos setores outrora controlados pelo Estado, muitos dos quais considerados estratégicos. Nestas circunstâncias, temia-se que tais setores, que haviam tido substancial importância para o desenvolvimento da C&T nacional quando geridos pelo Estado – como petróleo, telecomunicações e energia elétrica – experimentassem um processo de definhamento quanto às ações e atividades de pesquisa no momento de sua privatização. Ao mesmo tempo, pretendia-se estimular o desenvolvimento e consolidação de segmentos emergentes que também se mostravam importantes para o desenvolvimento do país (Costa, 2004).

O primeiro Fundo a ser criado foi o Fundo Setorial de Petróleo e Gás Natural (CT-PETRO), a partir da Lei nº 9.478, que instituiu o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo e também determinou a destinação de um percentual dos *royalties*

da produção de petróleo e gás natural para o financiamento de programas de amparo à pesquisa científica e desenvolvimento tecnológico aplicados na cadeia petrolífera.¹⁰

A experiência do CT-PETRO serviu como base para a criação de novos fundos. Em 2000 foram sancionadas as Leis que criaram os Fundos Setoriais de Energia Elétrica, Recursos Hídricos, Mineral, Transportes, Espacial, Verde-Amarelo e de Telecomunicações. No ano de 2001, foram regulamentados os Fundos Setoriais de Infra-Estrutura, Tecnologia da Informação, Saúde, Aeronáutico, Agronegócio, Biotecnologia e Amazônia. Finalmente, no ano de 2004 foi instituído o Fundo Aquaviário. Os Fundos já estabelecidos e as leis que lhes deram origem estão sumarizados no Quadro 1.1, exposto a seguir.

Quadro 1.1 – Fundos Setoriais de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Fundo Setorial	Lei de Criação
Fundo Setorial do Petróleo e Gás Natural – CT-PETRO	Lei 9.478 de 6 de agosto de 1997
Fundo Setorial de Energia – CT-ENERG	Lei 9.991 de 24 de julho de 2000
Fundo Setorial de Transportes Terrestres – CT-TRANSPORTES	Lei 9.992 de 24 de julho de 2000
Fundo Setorial de Recursos Hídricos – CT-HIDRO	Lei 9.993 de 24 de julho de 2000
Fundo Setorial Mineral – CT-MINERAL	Lei 9.993 de 24 de julho de 2000
Fundo Setorial Espacial – CT-ESPACIAL	Lei 9.994 de 24 de julho de 2000
Fundo para Desenvolvimento de Telecomunicações - FUNTTEL	Lei 10.052 de 24 de dezembro de 2000
Fundo Verde Amarelo – CT-FVA	Lei 10.168 de 29 de dezembro de 2000
Fundo Setorial de Tecnologia da Informação – CT-INFO	Lei 10.176 de 11 de janeiro de 2001
Fundo de Infra-Estrutura – CT-INFRA	Lei 10.197 de 14 de fevereiro de 2001
Fundo Setorial de Saúde – CT-SAÚDE	Lei 10.332 de 19 de dezembro de 2001
Fundo para o Setor Aeronáutico – CT-AERONÁUTICO	Lei 10.332 de 19 de dezembro de 2001
Fundo Setorial do Agronegócio – CT-AGRONEGÓCIO	Lei 10.332 de 19 de dezembro de 2001
Fundo Setorial de Biotecnologia – CT-BIOTECNOLOGIA	Lei 10.332 de 19 de dezembro de 2001
Fundo Setorial da Amazônia – CT AMAZÔNIA	Lei 10.176 de 11 de janeiro de 2001
Fundo para o Setor de Transporte Aquaviário e Construção Naval – CT AQUAVIARIO	Lei 10.893, de 13 de julho de 2004

Fonte: MCT (sítio eletrônico)

No que tange às fontes de financiamento, Caldas *et alii* (2001) destacam que a elevação e perenização de recursos é condição primária para reduzir as disparidades regionais e mitigar a concentração de recursos nas regiões mais desenvolvidas. A simples realocação dos recursos ora existentes provocaria um desinvestimento e pulverização que poderiam implicar perdas

¹⁰ É conveniente assinalar que o CT-PETRO correspondeu ao primeiro Fundo no âmbito dos Fundos Setoriais gerenciados pelo MCT. Com efeito, o Fundo de Desenvolvimento de Telecomunicações (FUNTELL) já estava previsto na Lei Geral das Telecomunicações (Lei nº 9.472, de julho de 1997).

significativas à capacidade de produção autóctone de ciência e tecnologia. Portanto, políticas de desconcentração devem ser pensadas em conjunto a instrumentos que permitam a elevação dos recursos financeiros e orçamentários, por que se objetivou que os Fundos representassem a alavancagem de recursos adicionais, desvinculados das dotações do OGU e menos sujeitos à volubilidade macroeconômica (Valle, Bonacelli & Salles-Filho, 2002).

O cenário em que os Fundos foram delineados se caracterizava, todavia, por uma aguda recessão econômica, com índices reduzidos de crescimento do Produto Interno Bruto (PIB), além de elevada carga tributária, o que reduzia as perspectivas de obtenção de novos recursos. A solução para este entrave decorreu de um intrincado processo envolvendo *policy makers* de núcleos do setor público, agentes políticos e da sociedade civil, representantes e associações empresariais. A solução encontrada previu que os recursos seriam provenientes de setores específicos, recolhidos a partir de múltiplas fontes, tendo como base o compromisso de que os recursos alocados em um setor seriam empregados no desenvolvimento de programas de pesquisa que atendessem às demandas e gargalos técnicos do próprio setor. Dito de outra forma, os Fundos teriam uma natureza vinculada entre a origem e a destinação dos recursos, o que contribuiu substantivamente para atenuar as resistências derivadas desta nova contribuição.

As fontes que servem de aporte de recursos para os Fundos Setoriais decorrem de contribuições de intervenção no domínio econômico (CIDE), compensação financeira sobre o uso de recursos naturais, percentual sobre receitas e lucros (*royalties*) de empresas concessionárias, permissionárias ou autorizatárias de serviços públicos, parcela de receitas de empresas beneficiárias de incentivos fiscais, direito de passagem, licenças e autorizações, doações e empréstimos.

Conforme determinado institucionalmente, os recursos dos Fundos são alocados no FNDCT, sob a gestão executiva da FINEP. A desconcentração das atividades de pesquisa foi estimulada mediante a resolução de que um percentual médio da ordem de 30% dos recursos seja aplicado em programas de pesquisa nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, percentual que nem sempre é alcançado. Com vistas a favorecer a consolidação da vocação científica e tecnológica nestas regiões, criaram-se inclusive programas de fixação regional de recursos humanos capacitados, tais como o Programa de Estímulo à Fixação de Doutores (PROFIX).

A elevação do volume de recursos e o caráter setorial que perpassa os Fundos ensejaram um novo modelo de gestão, caracterizado pelo caráter multidecisório. A instrumentalização deste aparato se deu por meio da criação de Comitês Gestores responsáveis por um único Fundo. Estes comitês são coordenados pelo MCT e constituídos por representantes deste ministério e de suas agências executivas, juntamente a representantes de outros ministérios, instituições públicas, agências reguladoras e especialistas do setor privado e comunidade científica. É competência destes Comitês a elaboração de seu regimento interno, definição de prioridades e diretrizes, resolução acerca da natureza dos editais que deverão ser preparados e julgados pelas agências executivas, ordenação do plano anual de investimentos e, finalmente, a fiscalização da aplicação dos recursos e acompanhamento e avaliação dos resultados dos projetos selecionados em cada Fundo.

A avaliação de resultados pelo Comitê Gestor pode representar um avanço no sentido de mensurar de forma os impactos decorrentes das ações apoiadas pelos Fundos. Caso tal avaliação seja feita de maneira criteriosa e eficiente, isto se diferenciaria qualitativamente das políticas pretéritas de C&T, cuja avaliação se concentrou sobremaneira no controle da utilização dos recursos e menos em seus efeitos. Este quadro ilustra o panorama da administração pública na segunda metade do século passado que, fundamentando-se em uma concepção demasiado burocrática, imprimia severos instrumentos de controle sob os procedimentos operacionais, em detrimento dos resultados das ações (Bresser Pereira, 1998). Com a emergência do modelo de administração pública gerencial e a respectiva criação dos Planos Plurianuais (PPAs), concebidos sob esta égide, passa-se mais e mais a concentrar esforços na consecução dos resultados (*outputs*) dos investimentos realizados.

Porquanto a execução dos Fundos Setoriais foi atribuído à FINEP e CNPq, as ações de planejamento e definição de atividades competem aos Comitês Gestores que contaram, até dezembro de 2002, com o assessoramento do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) no que concerne aos estudos prospectivos que investigavam os principais gargalos técnicos, demandas e prioridades no âmbito setorial. A ação do CGEE esteve, neste período, atrelada à tentativa de se instituir um padrão de indução nas atividades de pesquisa. Parte-se do princípio que em face da carência de recursos para a área de C&T, faz-se necessário a criação de instrumentos que resultem em dispêndios mais seletivos e proveitosos. Mesmo em países mais

ricos são remotas as perspectivas de se alocar recursos em todas as áreas do investimento e a cultura de investimento horizontal que marcou as políticas de C&T no Brasil inviabilizou uma inserção concertada em nichos e janelas de oportunidade.

É conveniente ressaltar que com a transição para o Governo atual a gestão dos Fundos experimentou mudanças significativas. A visão reticente do então ministro Roberto Amaral quanto ao papel e importância das chamadas “organizações sociais”, caso do CGEE, culminou em certo desprestígio a suas atividades, implicando a supressão de parte das funções que lhe eram atribuídas. No que se refere aos Fundos, criou-se o Comitê de Coordenação dos Fundos Setoriais (CCFS)¹¹, bem como uma Secretaria Técnica de Apoio ao CCFS. Ainda que estas instâncias pretendessem incorporar as funções executivas juntamente às atividades prospectivas até então realizadas pelo CGEE, nota-se neste último aspecto uma ação menos dinâmica e vigorosa.

Uma das principais ações do CCFS e de sua Secretaria Técnica foi o estabelecimento, a partir de 2004, das chamadas ações transversais, que consistem em programas estratégicos do MCT que têm ênfase na Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE) e utilizam recursos de diversos Fundos simultaneamente. De fato, o CCFS determinou que cada Fundo contribuirá com 50% de seus recursos para estas ações. Cumpre mencionar, a título ilustrativo, que apenas no CNPq foram lançados em 2004 três editais em consonância a estas ações que totalizaram recursos de R\$ 10 milhões.¹²

Para se dimensionar o impacto dos Fundos Setoriais no aporte de recursos à C&T, destaca-se que no ano de 2004 o volume total de recursos executados pelo MCT foi de R\$ 594 milhões distribuídos ao longo de 645 projetos, enquanto a previsão orçamentária para 2005 é de R\$ 721 milhões, dos quais cerca de R\$ 252 milhões (35% do total) estão destinados a ações transversais, R\$ 304 milhões estão comprometidos com projetos aprovados em anos anteriores e R\$ 165 milhões se destinam a novas ações.

11 O Comitê de Coordenação dos Fundos Setoriais é composto pelo secretário executivo do MCT, presidentes do CNPq e Finep e coordenadores dos Comitês Gestores de cada Fundo.

12 Edital 021/2004 - Recursos Humanos para a PITCE; Edital 028/2004 – Projetos para Produção de Oleaginosas na Região Norte; Edital 025/2004 – Fixação de Recursos Humanos em Recursos Hídricos e Energia Elétrica na Região Norte.

As ações transversais foram segmentadas da seguinte maneira: R\$ 135 milhões serão destinados ao apoio de projetos que integrem a Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE), valor aplicado na formação de recursos humanos para as áreas estratégicas da PITCE, no programa de qualificação e modernização dos institutos de pesquisa, apoio a inovação nas empresas e atividades previstas no Programa Nacional de Nanotecnologia. Outro eixo importante destas ações diz respeito à consolidação e expansão do sistema de ciência, tecnologia e inovação, com R\$ 70 milhões. Neste eixo se incluem a ampliação de recursos para consolidação dos sistemas estaduais de inovação e o edital universal do CNPq. Outros 36 milhões se destinam ao suporte a objetivos estratégicos nacionais, dos quais fazem parte o Programa Nacional de Atividades Espaciais, Programa Nuclear Brasileiro, Programa de Meteorologia, Climatologia e Hidrologia, desenvolvimento de C&T na Amazônia, recursos do mar e pesquisa em fontes alternativas de energia. Finalmente, às ações transversais são destinados R\$ 11 milhões em programas de ciência e tecnologia para inclusão e desenvolvimento social (Simões, 2005).

Convém mencionar, no entanto, que em relação aos Fundos Setoriais, tem-se observado nos últimos anos um número relativamente elevado de editais, o que pode ocasionar pulverização de recursos em detrimento a ações induzidas e prioritárias ao país. De fato, no ano de 2004 foram lançados ao todo 16 editais dos Fundos, enquanto que apenas até outubro de 2005 já haviam sido lançados 26 editais. Seria conveniente, pois, acompanhar esta evolução ao longo dos próximos anos, em virtude dos riscos potenciais desta estratégia.

Não obstante estas informações, é possível afirmar que os Fundos Setoriais implicaram externalidades desejáveis à política de C&T e ao sistema nacional de inovação. Não se pode contudo afirmar que foram suplantados os principais entraves e obstáculos ao fortalecimento da capacidade nacional de geração de ciência, tecnologia e inovação, por que ainda se demandam mecanismos e instrumentos que possam mitigar seus efeitos. Estes entraves são mais detalhadamente abordados na próxima seção.

1.3 Entraves ao Adensamento do Sistema Nacional de Inovação

Conforme mencionado na seção anterior, o sistema nacional de inovação constitui um fenômeno relativamente recente. Nas últimas três décadas se instituiu considerável mecanismo de suporte à formação de recursos humanos, com destaque para a instituição de programas de pós-

graduação. Com efeito, informações disponibilizadas pela CAPES destacam que apenas no ano de 2003 houve a titulação de 23.421 mestres e 6.843 doutores.¹³ De forma análoga, a base científica nacional alcançou resultados expressivos, ocupando a 21^a posição na produção mundial de artigos científicos publicados em revistas com bases indexadas pelo *Science Citation Index* (SCI) (MCT, 2002).

A despeito destes méritos, cumpre aludir à ocorrência de um conjunto de entraves e obstáculos que se interpõem a um desenvolvimento mais consistente e pervasivo do sistema nacional de inovação. Esta seção pretende discorrer acerca daqueles que parecem exercer um efeito mais deletério a este propósito e se referem à restrição e volatilidade de recursos financeiros, baixo nível de execução de P&D em âmbito empresarial e, como decorrência destes, baixos graus de interação interinstitucional.

Restrição e Volatilidade de Recursos Financeiros

Dissertar acerca de restrições financeiras ao investimento em C&T remete necessariamente às recentes transformações e revisão do papel do Estado. O contínuo aumento de demandas sociais, concomitantemente a sua crescente crise fiscal produziu um gradual arrefecimento de modelos como o *Welfare State*, preterido por princípios de inspiração neoliberal. Ao mesmo tempo, a emergência do modelo de administração pública gerencial trouxe consigo a relativização do Estado em sua nuance intervencionista e executora, ao mesmo tempo em que fortalecia suas funções de regulação e coordenação. De forma análoga foi rediscutida sua função alocativa, de modo que esta fosse exercida em correspondência à prerrogativa de equilíbrio fiscal, em que o limite de investimentos e despesas deve estar sumariamente circunscrito aos recursos orçamentários disponíveis (Bresser Pereira, 1998). Nestes termos, o panorama contemporâneo debilita a capacidade de investimento do Estado, exigindo nova reflexão a respeito das políticas de C&T e instituindo novos instrumentos que possam se constituir em aporte suficiente e perene de recursos (Ferreira, 2001).

As últimas décadas do século XX revelaram uma crescente dificuldade do Estado brasileiro em aportar recursos para atividades de C&T. Constata-se no país um crescimento modesto na dotação de recursos públicos voltados a este campo, bem como a persistência de uma

13 Informação disponível em www.capes.gov.br. Acesso em 10/08/2005.

estreita vinculação entre a continuidade de políticas e ações e flutuações de ordem macroeconômica, limitando a expansão física e demandas qualitativas do sistema de inovação.

A escassez de recursos experimentada pelo Brasil se verifica de forma semelhante ou até mais crítica em outros países periféricos, conforme apontam Dagnino & Thomas (2000), para os quais este quadro se torna mais complexo na medida em que nestes países a quase totalidade do investimento é despendida pelo setor público. Um conjunto de fatores concorreu para a conformação deste quadro, como as características intrínsecas das empresas que se implantaram nestas regiões, cujo porte reduzido – se comparado a grandes empresas multinacionais e transnacionais – inviabilizou investimentos mais consistentes em P&D, optando pela aquisição de tecnologias já maduras e/ou saturadas de países industrializados e a quase inexistência de instrumentos de financiamento adequados (Etzkowitz & Brisolla, 1999).

Em tais condições, as iniciativas de desenvolvimento tecnológico autóctone repousavam quase que exclusivamente na capacidade de investimento público. Na medida em que se soergueram entraves e limitações à capacidade de endividamento do Estado, as atividades de C&T, que usualmente demandam um horizonte de tempo mais dilatado para a maturação de seus investimentos, foram gradativamente relegadas em prol de ações de curto prazo, fragilizando áreas, linhas e grupos de pesquisadores, muitos dos quais se fragmentaram ao longo do tempo.

A correção desta lacuna passa pela definição de fontes estáveis e diversificadas para o investimento na área de C&T. Somando-se a isto a constatação de que a capacitação tecnológica e inovativa é condição para que empresas robusteçam seus graus de competitividade e inserção econômica, parece razoável que as mesmas passassem a atuar de maneira mais determinista no fomento a atividades de P&D. A necessidade de elevar o nível do investimento privado no Brasil é explicitada pelo Quadro 1.2, que mostra a evolução do investimento público em P&D no Brasil.

Quadro 1.2 – Investimento do Setor Público em Pesquisa e Desenvolvimento em R\$ milhões*

Ano	Governo Federal**	Governos Estaduais**	Total	Crescimento/ Diminuição Percentual Anual (%)	PIB *	Relação Investimento em P&D/PIB (%)
1996	3.630,4	901,7	4.532,1	-	1.198.422,0	0,37
1997	3.486,1	1.166,3	4.652,4	2,6	1.237.611,0	0,37
1998	3.134,9	1.130,8	4.265,7	(-8,3)	1.239.220,0	0,34
1999	3.216,8	1.174,4	4.391,2	2,9	1.249.009,0	0,35
2000	3.154,6	1.091,4	4.246,0	(-3,3)	1.303.466,0	0,32
2001	3.409,6	1.158,5	4.568,1	7,5	1.320.542,0	0,34
2002	3.017,1	900,4	3.917,5	(-14,2)	1.346.028,0	0,29

* Em R\$ milhões de 2002

** Não estão incluídos dispêndios realizados com Ensino Superior

Fonte: MCT (2004)

Os dados do Quadro 1.2 ilustram o tímido crescimento, instabilidade e inconstância do investimento público em atividades de P&D. A elevação de investimentos em um ano é geralmente compensada por uma redução no ano seguinte. A análise com base no ano de 1996 revela que, à exceção do montante despendido nos anos de 1997 e 2001, o volume de investimentos tem se reduzido substantivamente. Ainda que não estejam contabilizados os investimentos com o ensino superior, é desalentador observar que mesmo nos períodos de maior investimento público em P&D, este não atinge 0,4% do Produto Interno Bruto, e apresenta trajetória declinante, culminando percentuais muito aquém dos necessários para maior desenvolvimento e do que tem sido investido em países desenvolvidos ou em elevado ritmo de crescimento, como os países da região do Sudeste Asiático.

A insuficiência de recursos públicos para o sistema nacional de inovação é agravada pelo fato de que os Fundos Setoriais, que correspondem à principal política presentemente adotada para a elevação do montante de recursos às atividades de pesquisa, têm sido geridos de maneira distinta daquela originalmente concebida. Com efeito, afirmava-se que tais recursos não seriam sujeitos a qualquer forma de contingenciamento.

A despeito disto, os recursos arrecadados não têm sido aplicados de maneira integral às atividades de C&T. Conforme expresso em MCT (2003), durante o ano de 2002 foram executados apenas 30% do orçamento dos Fundos Setoriais, tendo-se retido a parcela restante sob a forma de reserva de contingência para composição do *superávit* primário acordado com o Fundo Monetário Internacional. No exercício de 2003 os recursos alocados pelos Fundos Setoriais alcançaram R\$ 659 milhões, dos quais R\$ 445 milhões foram empenhados para liquidar

compromissos assumidos no ano de 2002, resultando que os recursos disponíveis para a contratação de novos projetos no ano de 2003 foi de R\$ 214 milhões. No ano de 2004 o orçamento total dos Fundos Setoriais foi de R\$ 1,39 bilhão, mas apenas 43,2% (R\$ 601 milhões) foi disponibilizado para investimento, permanecendo em reserva a parcela restante. Finalmente, o orçamento aprovado para os Fundos Setoriais em 2005 foi da ordem de R\$ 1,5 bilhão, dos quais menos da metade – R\$ 721 milhões – foram autorizados para investimentos, parte deles destinado à liquidação de restos a pagar de projetos e ações de anos pretéritos.¹⁴ Junto a isso, Pereira *et alii* (2005) sustentam que em 2005 o total de recursos dos Fundos Setoriais retidos sob a rubrica *reserva de contingência* são estimados em R\$ 3 bilhões.

Ao mesmo tempo em que o orçamento público voltado à C&T tem enfrentado problemas, o investimento privado nas atividades de C&T é ainda bastante restrito. Enquanto a tendência internacional tem sido a de elevação progressiva dos investimentos privados nesta área, superando em alguns países o volume de dispêndio público, no Brasil ainda persiste a tendência de hegemonia deste último. A Figura 1.1, expressa a seguir, aponta a participação do dispêndio em P&D na composição do PIB em um conjunto de países e regiões, agregando a totalidade do investimento público e privado.

14 Informação disponível em www.mct.gov.br. Acesso em 26/02/05.

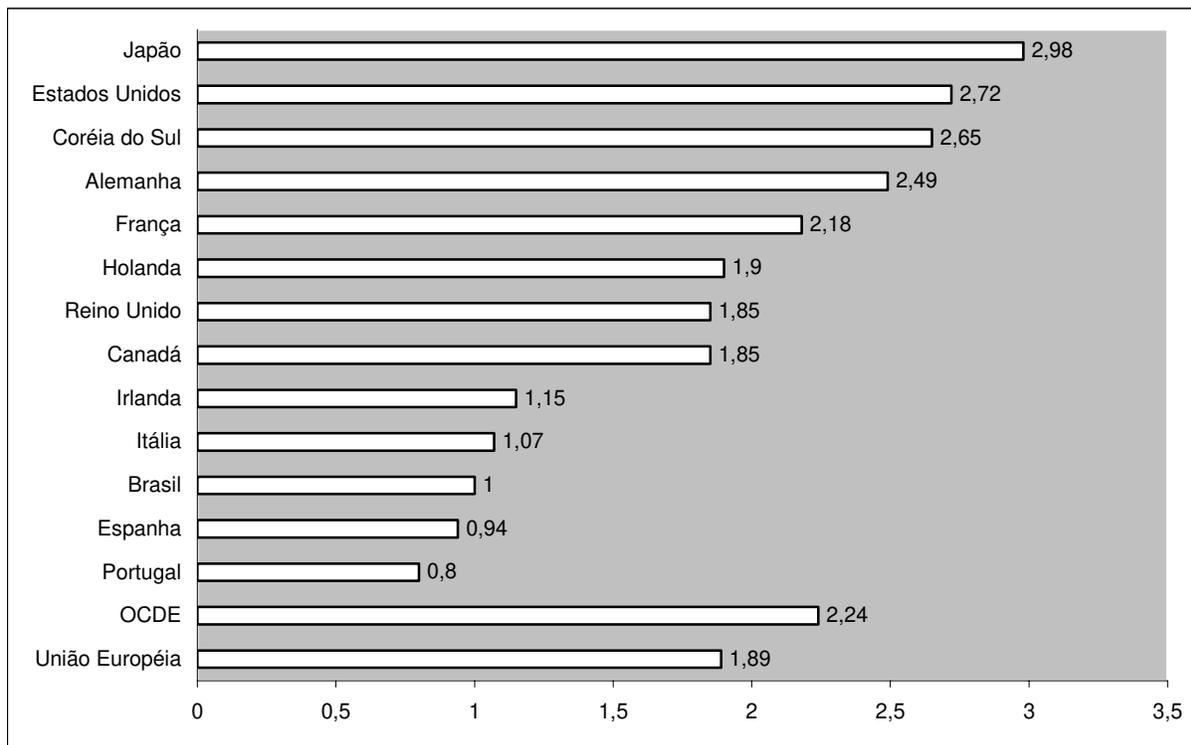


Figura 1.1 – Participação do Dispêndio em P&D na composição do PIB no Brasil, Regiões e Países Selecionados

Fonte: FAPESP (2005)

Conforme é possível observar na Figura 1.1, enquanto países industrializados como o Japão e os Estados Unidos dedicam aproximadamente 3% de seu PIB no investimento em P&D, percentual similar a países em rápido processo de industrialização, como a Coreia, o Brasil permanece em um nível intermediário, próximo ao conjunto de investimentos realizado por países como a Irlanda, Itália, Espanha e Portugal, e abaixo do volume médio de inversões realizada pelos países que compõem a OCDE ou a União Européia. No caso brasileiro, isto é explicado simultaneamente pelo baixo grau de investimento público e privado.

No que concerne especificamente ao investimento empresarial, dados disponibilizados pela Pesquisa Industrial sobre Inovação Tecnológica (PINTEC), realizada pelo IBGE, indicam que as empresas brasileiras investiram cerca de R\$ 22,1 bilhão em atividades de P&D no Brasil no período compreendido entre 1998 e 2000, enquanto na Coreia do Sul as empresas investiram valor semelhante apenas em 2000. Depreende-se pois que no caso brasileiro há que se instituir meios para potencializar o financiamento à C&T nestas duas fontes, pública e privada. Primeiramente, é necessário incentivar e induzir o investimento privado em atividades de P&D, à luz do que se tem verificado internacionalmente. Por outro lado, não se pode prescindir da busca por mecanismos e instrumentos que possibilitem a permanência e elevação do investimento

público em C&T. Neste caso, tão importante quanto garantir a ampliação dos recursos é determinar critérios que garantam que os mesmos não estejam mais sujeitos a instabilidades, reservas ou contingenciamento, seja nos recursos oriundos do OGU, seja naqueles derivados de outras fontes.

Baixo Nível de Execução de Atividades de P&D no Âmbito Empresarial

A trajetória do sistema nacional C&T, culminando no SNI se caracterizou pela tentativa de internalização de uma estrutura industrial nacional, de modo a criar condições para que o país adquirisse maior grau de autonomia científica e tecnológica, mediante a industrialização por substituição das importações (ISI) (Tavares, 1978; Mantega, 1991). Contudo, se a ISI contribuiu substantivamente para o fortalecimento e consolidação da estrutura industrial brasileira, por outro lado não se pode ignorar o modesto esforço tecnológico autóctone despendido por parcela considerável do setor produtivo.

Conforme apontou Draibe (1985), a tônica da ISI recaiu na importação de tecnologias embutidas em plantas industriais, equipamentos e sistemas de controle de produção. Ao mesmo tempo, ocorreu também a importação de tecnologia não embutida, mediante contratos de transferência que visavam regular o acesso a determinadas tecnologias, em particular aquelas em que se reconhecia alguma prerrogativa estratégica. Este modelo prescindiu, em grande medida, da capacidade de endogeneização de geração do conhecimento e de ações por parte das empresas no que consta à absorção, domínio e aperfeiçoamento de tecnologias concebidas e desenvolvidas em países industrializados. Isto refletiu diretamente no pouco envolvimento demandado pelo setor produtivo junto a universidades, institutos de pesquisa e demais núcleos de conhecimento na produção, adaptação e melhoramento tecnológico, conformando um cenário de baixa integração entre estes atores.

Desta forma, a maior parte das empresas brasileiras não manifestou firme engajamento no tocante a esforços inovativos e em programas e políticas internas de P&D. A rentabilidade destes empreendimentos tinha pouca relação com sua capacidade inovativa, e decorria de instrumentos pouco apropriados de competitividade, tais como expansão de fronteiras agrícolas, exploração intensiva de recursos naturais, baixa remuneração da mão-de-obra, proteção tarifária, subsídios à exportação, reserva de mercado e outras formas de auxílio governamental. Assim, dentro de uma

concepção ofertista, não se exigiu – ao contrário de países como a Coréia – que as empresas alcançassem padrões internacionais de excelência e competitividade, por que se optou por programa de aquisição de máquinas e pacotes tecnológicos previamente desenvolvidos por países industrializados, possibilitando maior rapidez, menores riscos e custos reduzidos. Entrementes, o referido modelo resultou em fragilidade, dependência técnica e baixa articulação entre os atores do sistema nacional de inovação.

O cenário contemporâneo, no entanto, mostra-se bastante distinto daquele que se verificou durante o programa de industrialização por substituição das importações. Fenômenos como a liberalização comercial e financeira conformaram uma nova dinâmica no comércio internacional, ampliando o acesso a novos mercados e estreitando as possibilidades de competitividade advindas de instrumentos espúrios. Assim, ganhos de competitividade derivados de exploração maciça de recursos naturais, baixa remuneração da força de trabalho, proteção de mercado e concessão de subsídios vão gradativamente se tornando menos decisivos, em contrapartida a vantagens competitivas dinâmicas, baseadas cada vez mais no conhecimento (Porter, 1999; Furman *et alii*, 2001). Cabe ainda observar que a estratégia de aquisição de tecnologias, além de não romper com um quadro de dependência e subordinação, nem mesmo é plenamente disponível nos dias atuais. Em setores mais próximos à fronteira tecnológica, como biotecnologia, química fina, microeletrônica e novos materiais, por exemplo, não há grandes opções para transferência tecnológica, suscitando a necessidade de endogeneização do desenvolvimento técnico e científico.

Este contexto exige um papel distinto das empresas nacionais em relação à sua forma de atuação nas últimas décadas. De fato, conforme apontam Cassiolato & Lastres (2000), o ajuste produtivo realizado pela maioria das empresas brasileiras quando defrontadas com o processo de abertura comercial consistiu em uma estratégia defensiva de racionalização da produção, tendo como objetivo central a redução de custos. Este movimento se deu pela introdução localizada de equipamentos de automação industrial e novas técnicas organizacionais do processo de trabalho, enxugamento da produção, redução de pessoal e eliminação de linhas de produção, conformando um movimento de “desverticalização”, subcontratação e terceirização. Em que pese o aumento da eficiência, produtividade e qualidade decorrente destes ajustes, o enxugamento da produção implicou, muitas vezes, no abandono de linhas de produtos de maior sofisticação tecnológica, que

incorporam maior valor agregado do que produtos estandardizados, conformando um processo avesso à tendência internacional, qual seja, o *downgrading* produtivo.

Percebe-se assim que o ajuste produtivo engendrado pelas empresas brasileiras, ao privilegiar faixas intermediárias de produto, orientou-se para a ocupação de nichos caracterizados por menores riscos, mas ocasionou um progressivo descolamento da estrutura industrial em relação a segmentos mais dinâmicos da pauta de consumo dos países industrializados e no comércio internacional. O resultado disto tem sido uma erosão da competitividade internacional de empresas brasileiras, que se manifesta na perda da importância do país no comércio internacional a partir da segunda metade da década de 80. Estudo realizado por MDIC (2004) concluiu que apesar de nos anos 90 o Brasil ter engendrado programas de modernização e aumento da produtividade em vários setores industriais, o país não conseguiu ampliar substantivamente sua base exportadora ou reverter a tendência de queda de participação no comércio internacional. A consequência disto é que o país apresenta na atualidade uma taxa de crescimento de exportações menor que a de outros países em desenvolvimento (7,5% e 4,6% entre 1984 e 2002, respectivamente). Em razão disto, a participação do país no comércio internacional caiu de 1,39% para 0,79% no mesmo período.

As informações derivadas de estudo realizado pela Confederação Nacional da Indústria (CNI)¹⁵, referente às ações das empresas no tocante a ações voltadas à inovação tecnológica permitem intuir conclusões algo instigantes a este respeito. O Quadro 1.3, expresso a seguir, sintetiza as principais estratégias de negócio capitaneadas pelas empresas na segunda metade da década de 90.

15 O referido estudo, denominado “A Indústria e a Questão Tecnológica” foi realizado pela CNI juntamente à Finep durante os meses de outubro a dezembro de 2001, realizada sob a forma de questionários enviados a uma amostra representativa de 531 empresas de todos os setores da economia. O principal propósito foi caracterizar as estratégias de desenvolvimento tecnológico do setor industrial na década de 90.

Quadro 1.3 – Estratégias de Negócio das Empresas Brasileiras entre 1995 e 2000, em percentagem

Estratégia de Negócio	Adoção das Empresas (%)
Investimento em novos produtos	69
Investimento em novos processos	55
Expansão da capacidade produtiva	54
Busca por novos mercados	43
Capacitação de recursos humanos	28
Emprego de novos modelos organizacionais	26
Estratégias de marketing	22
Investimentos em P&D	18
Investimentos em design	13
Investimentos em logística	12

Fonte: CNI (2002)

O Quadro 1.3 revela que há preferência das empresas pelo investimento em novos produtos (69%) e investimento em novos processos (55%) como estratégia de negócio. Ações como busca por novos mercados e capacitação de recursos humanos foram citados em um campo intermediário (43% e 28%, respectivamente). O investimento direto em atividades de P&D, contudo, foi estratégia adotada por apenas 18% das empresas que participaram da amostra.

Este dado remete a uma consideração importante. As empresas brasileiras admitem a possibilidade de buscar melhoramento de produtos e processos e elevar seus padrões de produtividade e eficiência, mas concebem tais processos de forma dissociada do desenvolvimento e endogeneização de capacidade inovativa. Prevalece ainda a lógica de busca de aprimoramento mediante fontes externas de inovação, conforme exposto no Quadro 1.4.

Quadro 1.4 – Ações para o Desenvolvimento Tecnológico das Empresas entre 1995 a 2000, em percentagem

Ações para o Desenvolvimento Tecnológico	Adoção das Empresas (%)
Aquisição de máquinas e equipamentos	71
Inovação em produtos	54
Inovação em processos	46
Inovações organizacionais	41
Capacitação de Recursos Humanos	30
Desenvolvimento de parcerias	22
Absorção de pesquisadores	3
Gestão da propriedade intelectual	3

Fonte: CNI (2002)

A análise do Quadro 1.4 evidencia o foco de curto prazo em que orbitam as estratégias empresariais para o desenvolvimento tecnológico. A aquisição de máquinas e equipamentos de países industrializados é a opção preferencial de 71% das empresas respondentes. Deve-se considerar, no entanto, que se esta ação implica menores custos e riscos para as empresas, em

longo prazo se constitui incerteza e entrave importante à dinâmica e evolução do SNI, na medida que reproduz uma condição de subordinação e dependência tecnológica.

A continuidade destas estratégias promove um modelo ineficaz na provisão de condições para o desenvolvimento econômico e social sustentado, na medida em que não se elencam esforços de internalização de competências técnico-científicas e engenharia reversa. O baixo percentual de absorção de pesquisadores (3%) revela preocupação reduzida na concertação de estruturas formais de P&D e autonomização de capacidade técnica e inovativa, aspecto reforçado pelo percentual igualmente restrito de empresas que buscam a formação de parcerias (22%), das quais apenas 24% se referem a arranjos envolvendo universidades e institutos de pesquisa. Este dado corrobora os argumentos de Brito Cruz (2000), que aponta que o percentual de cientistas e engenheiros trabalhando em instituições de ensino superior (IES) chega a 73%, enquanto apenas 11% deste contingente exercem suas atividades em empresas.

Os dados apresentados pela pesquisa realizada pela CNI guardam correspondência com a Pesquisa Industrial sobre Inovação Tecnológica (PINTEC) realizada pelo IBGE realizada em 2001, juntamente ao MCT e Finep.¹⁶ Este estudo apurou que em 2000 apenas 31,5% das empresas – 22,7 mil empresas em um universo de 72 mil – afirmaram ter desempenhado atividades inovativas. É ainda mais desconcertante observar que das empresas que inovaram, 76,6% o fizeram por meio da aquisição de máquinas e equipamentos desenvolvidos, em grande parte, no exterior (PINTEC, 2000).

A participação das empresas nacionais no comércio internacional é afetada por este quadro, persistido a exportação de produtos de uso intensivo de energia, recursos naturais e mão-de-obra, com baixo valor agregado e conteúdo tecnológico. Inversamente, contata-se grande importação de produtos intensivos em tecnologia, com maior valor agregado, gerando um *déficit* relativo no Balanço de Pagamentos Tecnológico (BPT) brasileiro, tal como expresso nas Figuras 1.2 e 1.3.

16 A PINTEC consiste na primeira tentativa de realização de um survey de âmbito nacional pervasivo e especificamente relacionado à atividade inovativa na indústria brasileira realizado com base na metodologia proposta pela OCDE e Eurostat, e teve como referência o período de 1998 a 2000.

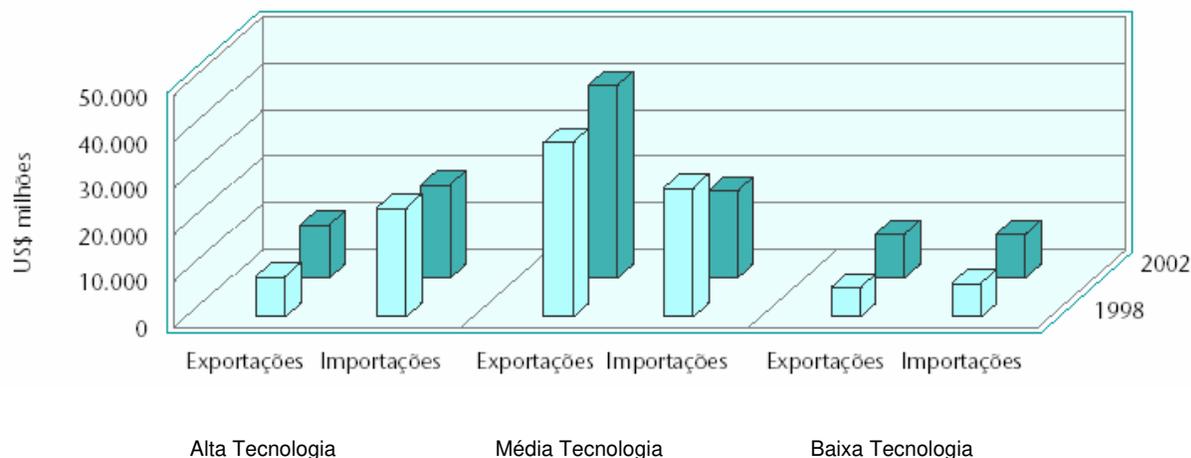


Figura 1.2 – Padrão Comercial Brasileiro, segundo nível tecnológico dos produtos, em US\$ milhões em 1998 e 2002

Fonte: FAPESP (2005)

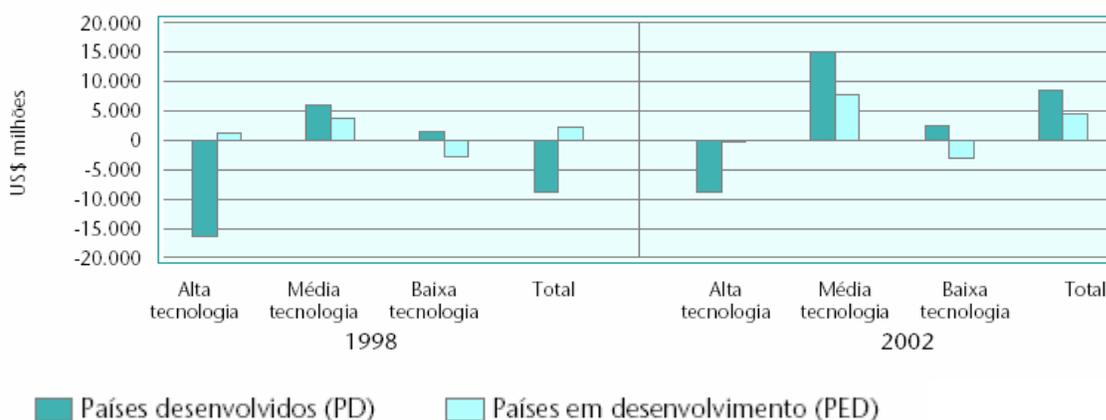


Figura 1.3– Saldo da Balança Comercial brasileira segundo nível tecnológico e parceiro comercial, em US\$ milhões em 1998 e 2002

Fonte: FAPESP (2005)

As Figuras 1.2 e 1.3 ilustram que o padrão comercial brasileiro, no que tange ao nível tecnológico dos produtos, concentra-se na importação e exportação de produtos de nível intermediário. Ainda que no cômputo geral o país tenha obtido *superávit* no BPT no ano de 2002, invertendo tendência manifestada em 1998, nos segmentos mais dinâmicos o país ainda apresenta defasagem em relação aos países desenvolvidos.

Cumprir mencionar, no entanto, que ainda que o *déficit* verificado em segmentos de alta tecnologia tenha se reduzido em comparação a 1998, a tendência à pauperização da sofisticação tecnológica no comércio exterior brasileiro é fenômeno que ainda se manifesta no presente momento. No ano de 2002 as exportações de produtos de alta tecnologia perderam espaço na

pauta brasileira, tendo recuado de 26,4% em 2001 para 24,4% do volume exportado. Fenômeno semelhante foi observado no caso das importações, cujo percentual de alta tecnologia se reduziu de 48,9% em 2001 para 46% em 2002.¹⁷

Estes dados se tornam mais inquietantes à medida que se constata que neste mesmo período a média internacional de exportação e importação de bens de maior conteúdo tecnológico perfazia respectivamente 44% e 45,9% do comércio mundial. Conclui-se pois que no caso brasileiro as importações estão pouco acima da média, enquanto as exportações se encontram muito abaixo deste patamar.

Em meio a este cenário, torna-se evidente a necessidade de que as empresas nacionais dediquem maiores esforços na execução de atividades de P&D e inovação. É importante mencionar, contudo, que cerca de metade das empresas pesquisadas na PINTEC afirmaram não possuir capacidade técnica, financeira ou de recursos humanos para a realização de atividades inovativas, sobretudo as de pequeno e médio porte. Das grandes empresas, 80% afirmaram que não apenas reconheciam a importância da inovação, mas também detinham condições técnicas ou de recursos humanos para seu desenvolvimento. Neste caso, a alegação para uma participação tão restrita no esforço inovativo foi justificada pela ausência de instrumentos específicos de apoio à inovação, como capital de risco e equalização de taxas de juros, por exemplo. A falta de mecanismos de financiamento também constitui um entrave significativo, dado que 67% das empresas que se proclamaram tecnicamente capazes de realizar empreendimentos inovativos não o fazem em razão da inexistência de recursos próprios, e 46% salientaram a dificuldade de sua obtenção mediante outros agentes, governo ou setor privado, dado o fato de o país apresentar a maior taxa real de juros bem como o maior *spread* bancário do mundo.

No que diz respeito a criação de mecanismos de apoio à maior participação das empresas na execução de P&D, países desenvolvidos e em desenvolvimento tem utilizado instrumentos diretos e indiretos para este fim. O primeiro caso se refere basicamente ao uso do poder de compra do Estado, enquanto o segundo caso corresponde à concessão de incentivos fiscais a empresas que desenvolvam novos produtos e processos.

¹⁷ Jornal Valor Econômico (02/05/2003).

As encomendas tecnológicas correspondem a um mecanismo que induz as empresas a desenvolver produtos ou processos não disponíveis e para os quais há uma demanda explícita ou latente. O uso do poder de compra do Estado pode ser ilustrado pela política norte-americana de encomendas feitas às empresas para o desenvolvimento de tecnologia militar, em especial no período do Pós-Guerra (Mowery, 1998). Embora estas encomendas tenham se dirigido sobretudo a empresas, não poucas vezes estas demandavam a colaboração de universidades e institutos de pesquisa, estreitando os nexos que conformam o sistema de inovação norte-americano.

Nos últimos anos, parece haver uma tendência ao predomínio de políticas de apoio direto do Estado. Conforme apontam Hall & Reenen (2000) e Kauko (1996), os instrumentos diretos se mostram mais adequados em virtude de seu caráter mais seletivo, viabilizando o desenvolvimento de tecnologias específicas e estratégicas, que os tornam mais apropriados em um contexto em que a priorização de áreas do conhecimento e atividades de pesquisa se mostra potencialmente relevantes. Ainda em relação a isto, destaca-se o argumento de que políticas de apoio direto têm papel determinante na indução e formação de *clusters* e arranjos inovativos envolvendo pequenas e médias empresas que, em virtude de arcar com uma carga tributária relativamente modesta, não deteriam de condições ou mesmo interesse para se adequar a modalidades indiretas de apoio baseadas em isenção fiscal (Suzigan *et alii*, 2004; Canuto *et alii*, 2000).

Por sua vez, práticas de incentivos e renúncia fiscal tem sido cada vez mais relativizadas e circunscritas a ações específicas. Conforme aponta MCT (2001), recentes reformas operadas em programas de incentivo fiscal a P&D ocorridas na França, Bélgica, Holanda e Espanha restringiram tais incentivos apenas em despesas relativas a salários e custos previdenciários de pesquisadores ou absorção de doutores nas empresas. No caso brasileiro, as experiências de apoio ao desenvolvimento de P&D nas empresas se restringiram quase que exclusivamente na concessão de incentivos fiscais às empresas. A limitação destas medidas se relaciona ao fato de que as mesmas se mostram interessantes notadamente para grandes empresas, que arcam com carga tributária mas expressiva, sendo menos interessantes para empresas de pequeno e médio porte.

Os entraves como os acima apresentados implicam, por sua vez, conseqüências que contribuem para a distorção e baixo adensamento do SNI, com destaque para o baixo grau de interação interinstitucional entre os agentes nele circunscritos. Convém mencionar que, em

virtude do processo de desenvolvimento adotado no Brasil, o investimento e pesquisa privada são historicamente elementos pouco presentes, dada a conjuntura protecionista da indústria brasileira e a baixa concorrência. O colapso do modelo ofertista concertado pelo Estado brasileiro no tocante à política de C&T é indicador desta conjuntura. As empresas optaram, em sua maior parte, por uma postura de insulamento e adoção de pacotes tecnológicos derivados das matrizes e setor externo.

Entretanto, conforme mencionado ao longo deste capítulo, a organização de atividades de pesquisa e inovação tem se dado crescentemente sob a forma de arranjos cooperativos, tais como redes, plataformas tecnológicas, *clusters* e sistemas de inovação. Em relação à interação interinstitucional, há um nexo que se mostra potencialmente importante para o desenvolvimento e fortalecimento de sistemas de inovação, qual seja, o estreitamento de relações entre o setor produtivo e aqueles mais relacionados à produção de conhecimento, com destaque para as relações entre universidades e empresas (Etzkowitz & Brisolla, 1999; Etzkowitz, 1998; Etzkowitz & Leydesdorff, 2000; Leydesdorff, 2000).

No que diz respeito ao Brasil, o debate sobre formas de aprimoramento das relações entre universidades e empresas tem sido bastante profícuo nos últimos anos. De forma sintética, os argumentos orbitam em torno da busca das motivações e causalidade que se interpõem à maior interação e conseqüente sinergia entre os referidos atores. Distintos estudos apontam que a raiz deste distanciamento está subsumida a um conjunto de fatores, dentre os quais se destacam a inexistência de um marco legal e institucional adequado, a insuficiência de mecanismos apropriados à promoção da integração e o processo histórico de industrialização experimentado pelo Brasil, que privilegiou o acesso a tecnologia e pacotes tecnológicos desenvolvidos em países industrializados, aspecto que tornou pouco necessária a vinculação e aproximação entre o setor produtivo e a academia (Galvão, 2003; Dagnino & Thomas, 2000). No âmbito acadêmico, nota-se no momento uma política pouco incisiva na criação e formação de núcleos altamente especializados em conhecimento, a exemplo do CTA, no Brasil, e MIT, nos Estados Unidos. Isto porque não se pode desconsiderar o papel fundamental desempenhado por universidades e institutos, no Brasil, no desenvolvimento científico e tecnológico.

Isto é mais verdadeiro quando se depara com um contexto similar ao brasileiro, em que as empresas se caracterizam por uma trajetória de baixa autonomização no processo inovativo,

implicando natural distanciamento em relação às fontes nacionais de conhecimento, torna-se mais dramática a ruptura entre universidade e empresa, na medida em que ainda que a primeira cumpra seu papel na capacitação de recursos humanos, estes últimos experimentam severas restrições em desenvolver seu potencial empreendedor e criativo, uma vez que há pouca demanda por tais profissionais no ambiente empresarial.

Outro ponto importante a respeito do perfil das universidades é abordado por Etzkowitz *et alii* (2000), para os quais o avanço em direção a uma sociedade do conhecimento demanda uma revisão crítica em seu papel, que passa mais e mais a ser impulsionada no sentido de buscar o desenvolvimento de uma cultura empreendedora, a exemplo do que se observa no contexto norte-americano. A pesquisa básica deve ser complementada pela realização de pesquisas aplicadas e conteúdos de caráter mais vinculado às demandas do setor produtivo e sociedade. Isto é reforçado pelo fato de que a distinção entre pesquisa básica, pesquisa aplicada e desenvolvimento tecnológico é cada vez mais tênue, na medida em que se percebe que a atividade inovativa, mais do que caracterizada por um modelo linear, corresponde essencialmente a processo sistêmico, no qual as vinculações e *feedbacks* são muito mais complexos do que sugerem modelos em que as etapas do processo inovativo são tidas como lineares e unidimensionais. Isto pressupõe uma participação mais intensiva de universidades no desenvolvimento econômico mediante o alargamento de suas atividades de ensino, pesquisa e extensão. A este respeito, Schwartzman *et alii* (1995) argumentam que as universidades brasileiras deveriam se inserir de forma mais afirmativa no ensino técnico e formação profissional, aspecto ainda negligenciado por muitas instituições de ensino superior no Brasil.

Há que se considerar, todavia, que a parceria entre universidades e empresas não está dissociada de riscos. Conforme aponta MCT (2002) as distintas naturezas, culturas e mesmo funções sociais manifestadas por estes atores podem infligir problemas de cooperação, o que novamente suscita a necessidade de desenvolvimento de um arcabouço mais apropriado para o desenvolvimento desta relação. A transferência não-intencional de tecnologia, os desequilíbrios no financiamento às áreas de ciências exatas e engenharias em relação às ciências humanas e restrições à disponibilização dos resultados das pesquisas são alguns dos fatores que comprometem uma cooperação mais perene entre os mesmos. A recém-aprovada Lei de Inovação

brasileira pretende constituir um avanço no que diz respeito à determinação de um marco legal adequado para as relações entre universidades, empresas e institutos de pesquisa.¹⁸

Junto à necessidade de revisão dos papéis de universidades e empresas, de forma a ampliar as condições de interação interinstitucional, torna-se igualmente importante a revisão dos papéis dos institutos públicos no tocante à inserção em sistemas de inovação.¹⁹ Salvo exceções, a trajetória destas instituições esteve pouco articulada ao setor produtor de bens e serviços.²⁰ Mostra-se crescentemente importante que estes compreendam a noção sistêmica da inovação assim como seus possíveis nichos e competências, a fim de desempenhar suas funções com melhor desenvoltura e reforçar seu compromisso com a sociedade e o Estado, legitimando assim sua natureza institucional (Salles-Filho *et alii*, 2000).

Um dos fatores que mais dificultam esta atuação de parte dos institutos públicos remete à inércia institucional. A maioria das instituições de C&T no Brasil não dispõe de mecanismos legais que permitam uma rápida adaptação às demandas que lhes são impostas. Falta-lhes autonomia e flexibilidade para executar com rapidez mesmo as atividades mais básicas, como aquisição e venda de produtos e serviços, adequação do quadro funcional, captação de recursos no mercado, elaboração e implementação de contratos (MCT, 2001).

Entretanto, a deficiência dos mecanismos legais não é a maior causa desta inércia. Conforme apontam Mello (2000) e Nelson (1994), o contexto atual presume a ocorrência de instituições em constante evolução, correlacionadas a mudanças políticas, econômicas, sociais e mesmo culturais. Dito de outra forma, as instituições são entidades mutáveis, que aprendem e evoluem, mas nem todas as instituições logram êxito em incorporar esta prerrogativa em sua cultura interna. No caso brasileiro, muitas vezes as instituições não monitoram de forma eficiente as mudanças em seu ambiente, reproduzindo um comportamento organizacional estático, rígido e insulado, cuja mudança ocorre de forma espasmódica e usualmente decorrente de condições

18 A Lei de Inovação será vista mais detalhadamente na próxima seção.

19 Mencionam-se com maior destaque os institutos públicos porque os institutos privados, uma vez que tem parcela substancial de seus recursos provenientes do setor produtivo, estão usualmente mais bem vinculados aos interesses de suas respectivas cadeias produtivas e sistemas de inovação, caso do Fundecitrus e COODETEC, por exemplo.

20 Dentre os casos excepcionais podem-se destacar, dentre outros, o Instituto Agrônomo (IAC), o Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), a Embrapa, no segmento agrícola, assim como a Fiocruz e o Instituto Butantã, na área de saúde.

peculiares e em resposta a estímulos externos provenientes de demandas de organismos superiores.

A superação de uma postura de inércia em prol de uma mais pró-ativa e flexível implica – de acordo com conceito sugerido por Prahalad & Hamel (1995) – identificar as competências essenciais (*core competences*) da instituição. Este é um dos mais importantes elementos orientadores da reorganização institucional. Em um contexto no qual novos atores emergem de forma contínua no âmbito inovativo, é forçoso que se identifique as competências que se mostrem mais promissoras. Desta forma, a organização reunirá melhores condições de aproveitamento de janelas de oportunidade e inserção privilegiada em arranjos e sistemas de inovação, possibilitando o incremento de suas competências iniciais e assimilação de outras (*dynamic capabilities*), as quais podem ser importantes para seu desenvolvimento e consolidação, assim como na obtenção de recursos financeiros para suas ações.

Antes de passar à próxima seção, é importante frisar que os entraves ora apresentados ao sistema nacional de inovação de forma alguma esgotam a riqueza, complexidade e amplitude deste debate. Temas e atores igualmente pertinentes não foram mencionados ou exaustivamente contemplados, por não constituir o propósito principal deste trabalho, uma vez que se pretendeu aqui proceder à exposição de um panorama genérico e não exaustivo.²¹ Desta forma, passa-se à próxima seção, cujo foco se concentra em políticas e ações adotadas em período recente para o fortalecimento e consolidação do sistema nacional de inovação.

1.4 Políticas e Instrumentos para a Consolidação do Sistema Nacional de Inovação

O panorama ora delineado remete à necessidade de se conceber e implementar políticas e instrumentos que contribuam para conferir maior organicidade do sistema nacional de inovação. Conforme visto, este se caracteriza por um nível de investimento público e privado parcimonioso, predomínio de atividades inovativas realizadas em universidades, institutos de pesquisa e laboratórios de P&D de empresas públicas; baixo nível de realização de atividades inovativas em âmbito empresarial e consideráveis entraves a uma maior interação interinstitucional.

O equacionamento destas questões pressupõe uma nova forma de atuação e coordenação do Estado. Conforme assinalou Caldas (2001), se a Constituição de 1988 procurou redefinir o papel do Estado brasileiro, fortalecendo um perfil articulador e coordenador, em detrimento ao modelo pretérito de executor, na prática os vícios e inércia do aparelho estatal fizeram com que este conservasse o perfil de intervenção e fiscalização, circunscrito por barreiras e excessos burocráticos que minam suas condições de atuação.

É consensual que o Estado deve intervir, ainda que seletivamente, no funcionamento da economia. Não se pode prescindir de ações de fomento às atividades de C&T ou esmaecer seu papel de planejador, indutor e coordenador de políticas de inovação e de desenvolvimento econômico e social. Um Estado menos empreendedor no sentido de produzir diretamente bens e serviços e mais regulador é a tônica das políticas aplicadas na maioria dos países industrializados. Assim, a questão que de fato se coloca diz respeito aos instrumentos e mecanismos de intervenção e regulação e aos meios de se articular esforços e produzir sinergias entre os setores público e privado.

Conforme apontam Cassiolato & Lastres (2000) e Alem (2000), os Estados da OCDE têm recentemente se concentrado na definição de políticas públicas que aumentem a quantidade, qualidade e acesso a elementos necessários ao desenvolvimento econômico e social, por meio de instrumentos como investimentos em P&D, ampliação e qualificação de mão-de-obra qualificada e aumento do capital social e recursos financeiros. Para tanto, estas políticas fazem uso de mecanismos diretos e indiretos, com destaque para a promoção de capital de risco, redução de juros e renúncia fiscal, formação de ativos intangíveis e apoio a setores econômicos específicos.

No caso brasileiro, a atuação dos *policy makers* tem se concentrado na tentativa de ajustar e adaptar estas condições para viabilizar o aprimoramento do SNI. Dentre estas ações, merece destaque a Lei de Inovação, criada sob inspiração da lei de inovação francesa. O fortalecimento dos nexos entre atores que compõem tal sistema passa pela necessidade de se transpor os entraves e complexidade do quadro legal, mormente no que tange às relações entre o setor público e privado. Neste cenário, é forçoso que se empreendam iniciativas de caráter legal e institucional

21 Informações mais detalhadas a este respeito podem ser obtidas em MCT (2001; 2002; 2003), Pacheco (2003), Ferreira (2001), Mello (2000) Motoyama (2002) e Galvão (2003), dentre outros.

que proporcione às universidades, institutos de pesquisa e governo os instrumentos para o estímulo à cooperação na atividade inovativa.

A necessidade de modernização deste marco regulatório culminou em uma proposta inicial encaminhada em caráter emergencial ao Congresso Nacional em setembro de 2002, após a elaboração de um anteprojeto submetido a consulta pública. O referido documento consistia no Projeto de Lei nº 7872/2002, que visava regulamentar a Lei de Inovação brasileira. A transição presidencial ocasionou contudo uma revisão em seus dispositivos, por que se retirou da pauta o referido PL até março de 2004, quando uma nova versão da Lei de Inovação foi encaminhada ao Congresso Nacional em regime de urgência constitucional.

Este novo Projeto de Lei (PL 049/2004) foi aprovado pelo Senado em 11 de novembro de 2004 e sancionado pela Presidência da República em 2 de dezembro do mesmo ano, convertendo-se na Lei nº 10.973/04, regulamentada em outubro de 2005. Dentre suas principais características podem ser elencadas:

- i) Criação de mecanismos mais flexíveis de gestão aplicáveis às instituições científicas e tecnológicas;
- ii) Garantia da participação nos ganhos econômicos auferidos pela instituição com a exploração de inovações;
- iii) Simplificação dos procedimentos de cooperação às instituições públicas e privadas;
- iv) Definição da titularidade dos direitos de propriedade intelectual de inovações decorrentes de acordos celebrados entre instituições de C&T e outras instituições públicas, privadas, de ensino, pesquisa ou industriais;
- v) Reconhecimento de patentes e outras modalidades de proteção à propriedade intelectual na avaliação de mérito do pesquisador;
- vi) Concessão para que o pesquisador possa requerer patente em seu próprio nome de inovações que as instituições de C&T não se interessem em proteger;

- vii) Autorização para o afastamento do pesquisador que colaborar com outras instituições públicas ou empresas de base tecnológica (EBT) e outras empresas em programas governamentais de C&T;

Uma vez regulamentada, as atenções têm se concentrado na demarcação de um regime fiscal favorável à inovação, de modo a criar condições mais satisfatórias ao investimento privado em P&D. Justificam-se tais incentivos pela ótica da isonomia, uma vez que outros países desenvolvidos e em desenvolvimento contam com arranjos similares de suporte às empresas. Dentre as principais demandas acerca deste novo regime, pretende-se que os incentivos não se restrinjam unicamente a deduções no imposto de renda. Conforme citado anteriormente, isto tornaria menos atrativo o investimento de pequenas e médias empresas, por que se ambiciona subvenções também aplicáveis a tributos como o imposto sobre produtos industrializados (IPI), contribuição para o financiamento da seguridade social (COFINS) e outros.

No tocante à instituição de instrumentos de suporte ao desenvolvimento científico e tecnológico nacional, a Lei de Inovação pode ser vista de modo complementar à PITCE, gestada e coordenada sob o auspício do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio (MDIC). Esta tem como propósitos destacados a criação de um ambiente propício ao investimento público e privado; elevação da capacitação tecnológica do país em áreas consideradas estratégicas; desenvolvimento de ações coordenadas com as unidades da Federação, regiões metropolitanas e governos locais; geração de emprego e renda; integração das ações governamentais e interação entre o setor privado e a comunidade científica e tecnológica (MDIC, 2004). Em síntese, prevê-se que a modernização industrial e a inovação e desenvolvimento tecnológico são condições necessárias para o crescimento econômico e aumento da eficiência e competitividade.

Ainda que a PITCE almeje abranger todos os segmentos da indústria nacional, foram estabelecidos quatro campos que correspondem às opções estratégicas – semicondutores, *softwares*, bens de capital e fármacos e medicamentos – e aqueles denominados “portadores de futuro”, cujo monitoramento deve se dar de forma mais aquilatada, representados pela biotecnologia, nanotecnologia e biomassa.

Um aspecto que ressalta o caráter integrado entre as políticas industrial e tecnológica se refere aos instrumentos de coordenação e execução da PITCE. Estes consistem no Conselho

Nacional de Desenvolvimento Industrial (CNDI) e da Agência de Desenvolvimento Industrial (ABDI). Esta última é presidida pelo ministro da ciência e tecnologia, e é responsável pela execução e articulação de ações e estratégias da política industrial por meio do apoio ao processo de inovação e fomento à competitividade do setor produtivo.

A organicidade entre as referidas políticas é aspecto crucial para a incorporação da questão tecnológica na agenda de empresas e do país. O aumento da eficiência econômica, o desenvolvimento e difusão de tecnologias com maior potencial de competitividade no comércio internacional, o aprimoramento da estrutura produtiva, a elevação da capacidade de inovação das empresas e a expansão das exportações, que correspondem aos objetivos primários da política industrial, passam inequivocamente pela intersecção destas políticas. É importante pois averiguar a vinculação e sinergia que estas políticas efetivamente manifestarão ao longo do tempo. Ainda que se tenha concebido um arranjo institucional que possa condicionar maior imbricação entre as políticas industrial e tecnológica, isto não garante que as vinculações e nexos se dêem de modo espontâneo. Há que se criar mecanismos que permitam que esta aproximação se dê em caráter efetivo, gerando o caráter implícito desta política.

Além destas políticas de caráter macroeconômico e social, podem ser ainda elencadas outras políticas de caráter setorial e localizado, que agregam elementos importantes para o aprimoramento técnico-científico do país. A este respeito, destacam-se particularmente a Leis nº 10.332/01, Lei nº 10.637/02 e iniciativas mais recentes, como aquelas previstas na Medida Provisória 255, que aglutinou a maioria dos instrumentos previstos na Lei nº 10.637/02 .

A Lei nº 10.332/01 busca, dentre outros aspectos, engendrar condições mais favoráveis de concessão de crédito às empresas, tendo-se em vista o caráter de incerteza e riscos inerentes ao processo inovativo, bem como a existência de mecanismos análogos no âmbito da OCDE. Com base em parcela dos recursos destinados ao Fundo Verde Amarelo, instituíram-se mecanismos para equalização de taxas de juros e encargos financeiros, a possibilidade de participação da FINEP no capital de pequenas e médias empresas de base tecnológica, a subvenção de empresas que participam do Programa de Desenvolvimento Tecnológico Industrial (PDTI) e do Programa de Desenvolvimento Tecnológico Agropecuário (PDTA) e concessão de recursos para elevar a liquidez de investimentos privados em fundos de investimento em empresas de base tecnológica.

O Quadro 1.5 aponta os valores programados para os anos de 2002, 2003 e 2004 para cada um destes instrumentos.

Quadro 1.5– Orçamento Anual do MCT para Equalização, Subvenção e Operações de Risco, em R\$ milhões

	2002	2003	2004	Total
Equalização de Taxa de Juros	8,4	35,1	29,3	72,8
Subvenção a Empresas que executam PDTI/PDTA	8,3	35,1	9,3	52,7
Participação em EBT e Fundos de Investimentos	5,0	21,0	22,9	48,9
Total	21,7	91,2	61,6	174,4

Fonte: MCT-SEPIN

Conforme é possível observar no Quadro 1.5, estas novas operações representam aporte considerável de recursos em operações diretamente relacionadas ao estímulo empresarial na execução de atividades inovativas. Esta ação se mostra também pertinente não somente pelo montante de recursos nela alocado, mas por emular um importante instrumento adotado pelos países industrializados no estímulo à inovação empresarial.

Os incentivos acima mencionados foram complementados por outros instrumentos, estes decorrentes da Lei nº 10.637/02. Dentre suas providências, foram criados benefícios que permitem às empresas o abatimento na determinação do lucro real da empresa (sobre o qual incide o Imposto de Renda) e da base de cálculo da Contribuição Social sobre o Lucro Líquido (CSLL) de despesas de custeio relativas às inversões realizadas em atividades de P&D e inovação. Adicionalmente, a Lei estabelece que a empresa possa excluir na determinação do lucro real – e portanto do Imposto de Renda – valor equivalente a cem por cento do dispêndio de cada projeto que venha a ser transformado em depósito de patente registrado no INPI. Este abatimento constitui, na prática, uma dedução em dobro para efeito do cálculo do Imposto de Renda, embora este aspecto, tal como mencionado anteriormente, finde por beneficiar quase que exclusivamente grandes empresas.

O anteprojeto de incentivos fiscais que o MCT deveria propor, como forma complementar à Lei nº 10.973/04, foi incorporado às medidas de desoneração da produção reunidas na Medidas Provisórias 255²². Tais incentivos, prevêm, dentre outras coisas, a dedução de até 200% das despesas operacionais em atividades de inovação, bem como a subvenção de até 50% de mestres e doutores que estejam empregados e desempenham atividades inovativas em empresas localizadas no Brasil.

²² Estes instrumentos estavam inicialmente inseridos na MP 252/05 e depois foram incorporados ao texto da MP 255/05, quando a primeira perdeu sua validade por não ter sido votada até outubro de 2005.

A imbricação entre estes instrumentos e a PITCE se faz evidente pela inserção de um regime especial de aquisição de bens de capital para empresas exportadoras, que suspende o pagamento do PIS/Pasep e da COFINS na aquisição de bens de capital do mercado interno ou externo. Outra ação relacionada a este mesmo contexto consiste no regime especial de tributação para plataformas de exportação de serviços de tecnologia, que permite às empresas de *software* e de tecnologia da informação a aquisição de bens e serviços com a isenção das mesmas contribuições. Cumpre mencionar, no entanto, que tais incentivos só beneficiam empresas que exportem ao menos 80% de sua produção, índice que foi recebido de forma reticente pelos empresários, que alegaram que isto alijaria a maior parte das empresas destes incentivos.

Outra mudança importante presente na MP 255 diz respeito à antecipação para julho de 2006 do IPI incidente sobre máquinas e equipamentos (ação prevista inicialmente para dezembro de 2006) e a prorrogação por um ano do prazo para que empresas tributadas com base no lucro real tenham redução no pagamento da CSLL, abatendo parte do valor do desgaste de equipamentos. Estima-se que o conjunto destas medidas deva implicar uma renúncia fiscal de R\$ 1,5 bilhão em 2005 e R\$ 3,3 bilhão em 2006, o que corresponde praticamente ao orçamento anual do MCT, fator que evidencia o caráter abrangente e compreensivo destas medidas. No entanto, as controvérsias envolvendo o volume de renúncia fiscal levaram à retirada desta medida por ocasião de sua votação, bem como a preparação de uma nova proposta para apreciação no Congresso. Isto tende a comprometer, ao menos no curto prazo, ações e investimentos privados no campo da C&T.

Ainda que em escala menor do que a MP 255, merece destaque a criação do programa “Juro Zero”, que pretende destinar um montante de R\$ 100 milhões/ano no financiamento de projetos de inovação tecnológica em pequenas empresas. Os empréstimos serão limitados a R\$ 900 mil ou a um terço do faturamento da empresa no ano anterior. Os recursos para esta ação serão oriundos do CT- FVA, e pretende mitigar o problema enfrentada por parcela significativa das empresas brasileiras – sobretudo as de pequeno porte – que, por falta de patrimônio, não conseguem obter crédito, ou o conseguem a taxas demasiado elevadas, desmotivando o esforço inovativo.

À guisa de síntese deste capítulo, é possível fazer algumas inferências a respeito da tônica das políticas de desenvolvimento científico e tecnológico engendradas no Brasil, ambicionando contribuir para um debate relativo às condições para o espessamento e fortalecimento de seu SNI.

No que concerne ao aspecto financeiro, observa-se grande correspondência e similitude no que se refere à origem dos recursos. Estes sempre estiveram quase que exclusivamente vinculados a receitas derivadas do OGU ou linhas de empréstimo internacionais, implicando grande vulnerabilidade e fragilidade em momentos de crise macroeconômica interna ou externa, que se traduzia em ações esparsas e descontínuas.

Os Fundos Setoriais se propuseram a constituir um ponto de inflexão nesta trajetória, na medida em que se erigiu em outras fontes – notadamente contribuições específicas do setor privado – desarticuladas do OGU. No entanto, estes recursos têm sido continuamente retidos sob a forma de reserva de contingência, comprometendo não apenas o aporte para investimentos mas também, em última instância, sua credibilidade em meio àqueles que contribuem para sua existência.

Junto a isto, o foco da maioria dos programas – e conseqüentemente de seus recursos – se concentrou no ambiente universitário, nem sempre acompanhados de ações destinadas a uma maior aproximação com o setor produtor de bens e serviços, perpetrando o distanciamento existente entre estes núcleos e tornando pouco sólidos os nexos e vinculações que usualmente conformam um sistema de inovação. Ações como a subvenção a mestres e doutores inseridos em ambiente empresarial previstas na MP 255 – caso esta seja efetivamente aprovada, regulamentada e convertida em Lei – podem constituir um importante impulso à amenização desta distorção.

No entanto, o traço mais perverso da trajetória de consolidação do sistema nacional de inovação talvez se relacione à descontinuidade e fragmentação das inúmeras ações e políticas consubstanciadas para o seu fortalecimento. A rotatividade de representantes do Poder Executivo usualmente implica mudanças que perpassam ações, políticas e mesmo *policy makers*, culminando na imposição de novas regras, instrumentos e modelos de gestão. Estas descontinuidades não raro ocorrem dentro de uma mesma gestão, conforme se observou no caso dos Fundos Setoriais, com a criação da CCFS e das ações transversais. Isto gera um ambiente de

incerteza e descontinuidade que se choca com a necessidade de equilíbrio e previsibilidade (orçamentária e programática) de políticas de C&T.

Nestes termos, conclui-se que a perenização de políticas específicas para o campo da C&T, bem como a elevação contínua de recursos para investimentos são condições basilares para a consolidação e organicidade do SNI, juntamente à necessidade de criar mecanismos de estímulo à aproximação entre universidades, institutos e empresas, tal como tem sido feito de forma bastante eficiente por economias em rápido grau de desenvolvimento, como a Coréia do Sul, Índia, Cingapura e outros.

Em decorrência da magnitude, complexidade e peculiaridades que marcam o conjunto de segmentos e setores inseridos no sistema nacional de inovação, uma análise genérica de sua conjuntura e perspectivas poderia resultar em um esforço simplista e superficial, que suprimiria peculiaridades e idiosincrasias relevantes. Desta forma, é pertinente sua desagregação a um dos subsistemas que compõem o SNI, de modo a apreender um horizonte mais minucioso e particularizado. Em vista de sua importância estratégica, potencial e caráter ubíquo, opta-se pela apreciação do sistema nacional de inovação em biotecnologia. Antes de proceder a este esforço, no entanto, é forçoso apontar a conjuntura da biotecnologia, em sua dinâmica, evolução e importância atual. Este é o objeto de estudo do próximo capítulo.

2º Capítulo – O Campo da Biotecnologia: Evolução e Aspectos Contemporâneos

O presente capítulo apresenta elementos relacionados ao campo da biotecnologia e sua dinâmica, expondo a transição de seu padrão tradicional para o chamado padrão moderno, decorrente da emergência de técnicas de engenharia genética e DNA recombinante. Tal transição criou condições para a gestação de pesquisas e o desenvolvimento de procedimentos complexos no âmbito da biotecnologia, com destaque para a geração de organismos geneticamente modificados – OGMs – e, no segmento da saúde, a clonagem reprodutiva, terapêutica e a terapia celular.

A moderna biotecnologia traz consigo a necessidade de revisão de componentes do ambiente institucional, conformando uma nova conjuntura nas instituições – formais ou não – relacionadas à pesquisa, inovação, bem como arranjos de pesquisa, regulação e direitos de propriedade intelectual. É conveniente mencionar que esta conjuntura se dá muitas vezes em um cenário conflituoso e controverso, que não raro inclui elementos éticos, morais, juntamente a possíveis implicações econômicas, sociais e ambientais. De forma análoga, os avanços decorrentes da moderna biotecnologia provocaram um recrudescimento do debate relativo às normas e princípios de biossegurança, que têm sido revistas em escala mundial, no intuito de garantir maior segurança a tais aplicações bem como legitimidade às mesmas.

A fim de propor uma apresentação mais sistematizada, o capítulo foi segmentado em quatro seções, além desta introdução. A primeira delas ilustra o contexto de formação, consolidação e dinâmica da biotecnologia, denotando seu caráter interdisciplinar. A segunda seção aponta as mudanças proporcionadas pela biotecnologia no que tange a conflitos e transformações no ambiente regulatório e institucional.

A terceira seção destaca a imbricação da biotecnologia e engenharia genética, raiz da chamada moderna biotecnologia, conferindo destaque especial aos organismos geneticamente modificados e pesquisas envolvendo a clonagem e terapia celular. Por fim, a quarta seção se ocupa mais detalhadamente acerca do debate referente à biossegurança e suas prerrogativas de diminuição de riscos, assim como o tratamento à questão da regulação.

2.1 Histórico e Evolução da Biotecnologia

A biotecnologia pode ser genericamente definida como um conjunto heterogêneo de técnicas habilitadoras (*enabling technologies*) de base biológica, com extensa perspectiva de aplicação em diversos setores da economia e sociedade. Tais perspectivas foram potencializadas nas últimas décadas, dada a emergência de instrumentos e técnicas que não apenas impulsionaram o conhecimento acerca das informações genéticas contidas nos seres vivos, mas também suscitaram a possibilidade de utilização, manipulação controlada e otimização de organismos vivos ou de suas partes funcionais, bem como sua expressão.

O caráter pervasivo e disruptivo da biotecnologia é perceptível em razão do vasto espectro de técnicas e procedimentos – a maioria deles fortemente baseados em ciência – nela empregados, que abrangem áreas distintas do conhecimento humano, tais como a microbiologia, engenharia química, biologia molecular, fisiologia, imunologia e genética, revestindo a biotecnologia de um caráter fortemente interdisciplinar. Esta assertiva é corroborada por Fonseca, Silveira e Salles-Filho (1999), para os quais a biotecnologia é marcada pela conjugação de um “bloco de conhecimentos” (*building block*) que combina protocolos de pesquisa já existentes com novos procedimentos científicos derivados de diferentes disciplinas, dentre as quais se destacam a bioquímica, biologia molecular e celular.

Em razão das rápidas transformações e evolução desta dinâmica, este bloco se modifica com grande rapidez ao longo do tempo, conformando múltiplas combinações, o que torna ainda mais complexa a tentativa de definir de modo conclusivo o conceito de biotecnologia. De forma análoga, a célere evolução nos conhecimentos, técnicas e protocolos de pesquisa verificados neste campo impulsiona uma contínua revisão em seus temas e áreas de pesquisa, erigindo dificuldades à demarcação de seu campo. Com efeito, é possível observar que temas que há poucos anos suscitavam grande interesse e volume de pesquisas, como a fermentação, por exemplo, são gradativamente preteridos por novos temas e preocupações, como a genômica e a proteômica.²³ Constata-se, pois que a definição de biotecnologia, assim como seu escopo, evoluem na medida em que seus protocolos, temas e áreas de pesquisa vão se refinando e se sucedendo ao longo do tempo.

Independentemente da dificuldade em se definir com precisão o conceito e o escopo da biotecnologia, alguns autores propõem uma desagregação segundo níveis de sofisticação tecnológica, sublimando não apenas as novas perspectivas erigidas da genética molecular em relação às tecnologias mais tradicionais, mas também incorporando avanços ocorridos em trajetórias tecnológicas já conhecidas que, se por um lado se distanciam dos procedimentos e protocolos habituais, por outro lado não são derivadas da engenharia genética. Desta forma, seria possível identificar três níveis de tecnologias, que poderiam ser definidos como tradicional, intermediário e de fronteira (Salles-Filho, 1993; Carvalho, 1993; Naylor *et alii*, 2004).

O primeiro destes níveis corresponderia à biotecnologia tradicional. Este nível usualmente lida com técnicas e procedimentos vinculados ao isolamento, seleção e cruzamentos genéticos naturais, ainda que induzidos, entre espécies e variedades sexualmente compatíveis. Estas técnicas podem se dar em ambiente laboratorial ou práticas de campo. A fermentação por microorganismos empregada na produção de antibióticos, pães, vinhos, cerveja e álcool, dentre outros, constitui um dos usos mais elementares e freqüentes da biotecnologia tradicional.

O nível intermediário da biotecnologia se caracterizaria pelo emprego de técnicas como cultura de tecidos, continuamente utilizadas para a produção de mudas sadias e uniformes na produção vegetal e transferência de embriões em produção animal, bem como produção de microorganismos para controle biológico de pragas, fixação biológica de nitrogênio e métodos mais sofisticados na operação e controle de processos de fermentação.

O nível fronteiro, por sua vez, compreenderia protocolos mais complexos de engenharia genética e biologia molecular, com destaque para as aquelas derivadas da técnica de DNA recombinante, que permite a transferência e a expressão de genes entre distintas espécies. A manipulação da bactéria intestinal *Escherichia coli*, a partir da inserção do gene da insulina humana, corresponde a um exemplo de aplicação prática da técnica de DNA recombinante. A bactéria manipulada passa a expressar a insulina humana, produto de grande importância para o tratamento do diabetes. A biotecnologia moderna aglutina os níveis intermediários e de fronteira tecnológica, e se caracteriza pela manipulação de espécies vegetais e animais com vistas à obtenção de variedades não encontradas na natureza, a partir da aplicação de técnicas não

23 Isto não significa, evidentemente, que temas anteriormente mais destacados deixem de ser objeto de

naturais de seleção, transformação genética e otimização fisiológica. Tais modificações podem ser derivadas de técnicas de engenharia genética ou meramente funcionais, em que se aproveitam e viabilizam propriedades especiais de células e tecidos (Carvalho, 1993).

Em razão de sua natureza pervasiva, amplificada pela emergência das técnicas de DNA recombinante, inquiriu-se a respeito de constituir a biotecnologia um novo paradigma técnico-econômico (Freeman & Perez, 1988). Neste aspecto, sustentava-se que a ruptura e transição de paradigmas deflagrariam um momento propício para a atenuação do hiato tecnológico existente entre as economias mais afluentes e os países menos desenvolvidos.

Conforme apontou Bonacelli (1996) e Bonacelli & Salles-Filho (1996), a crença acerca do potencial da biotecnologia foi motivado sobretudo pela conjuntura histórica em que os primeiros traços da moderna biotecnologia começaram a se manifestar, a partir da década de 70. Este fenômeno foi contemporâneo à emergência da microeletrônica, o que levou a crer que, tal como esta última, deparar-se-ia com uma revolução na área biológica. Acrescido a isto, deve ser considerado em particular o caso dos países menos desenvolvidos, para os quais a biotecnologia não se apresentava apenas como uma janela de oportunidade, mas também como requisito basilar à continuidade de seu modelo de inserção na economia mundial. De fato, suspeitava-se que a biotecnologia impulsionaria uma ruptura tecnológica singular nas atividades agrícolas, substituindo gradativamente suas *commodities* por novos produtos, tais como os aminoácidos sintetizados que passariam a rivalizar com a proteína de soja e os adoçantes sintéticos e/ou naturais como o aspartame e a isoglucose na substituição do açúcar de cana, por exemplo.

Na maioria dos segmentos, no entanto, a biotecnologia não ocasionou rupturas tão radicais a ponto de se poder falar em uma mudança de paradigma, até mesmo porque seu desenvolvimento tem se dado de maneira descontínua e desigual em distintos setores. No caso da biotecnologia agrícola se constata que, via de regra, a biotecnologia não está promovendo ruptura e substituição de paradigmas ou trajetórias tecnológicas, mas viabilizando inovações incrementais e por vezes radicais em determinados segmentos agrícolas e parte das indústrias que geram tecnologia para a produção agrícola, como os setores de sementes, pesticidas, fertilizantes químicos e processamento alimentar.

Constata-se ainda que, a despeito de seus avanços, a biotecnologia apresenta consideráveis lacunas técnico-científicas. Se por um lado as técnicas de sequenciamento e mapeamento genético de espécies animais e vegetais evoluíram de forma aguda ao longo das duas últimas décadas, a manipulação e expressão genética são procedimentos ainda complexos, onerosos e muitas vezes incertos, aspecto usual quando da emergência de novas tecnologias, trajetórias e paradigmas tecnológicos. Usando a terminologia de Kuhn (2003), os protocolos, procedimentos e métodos da moderna biotecnologia ainda não se encontram estandardizados, e ainda carecem de maior avanço no conhecimento até que se possa converter ao estágio de ciência normal e, portanto, a um novo paradigma técnico-econômico.

O segmento farmacêutico e de saúde humana é o que tem expressado maior atilamento da biotecnologia. Com efeito, conforme apontam Silveira & Borges (2004), a quantidade de bioprodutos aprovados para comercialização se concentra em torno de 155 nos últimos 20 anos, dentre os quais os dez mais vendidos auferiram receitas de R\$ 15 bilhões em 2002. De acordo com Salles-Filho (1993), esta difusão pode ser parcialmente explicada pelo gradual esgotamento das trajetórias tecnológicas predominantes, em que a biotecnologia tem sido útil tanto na revitalização de certas trajetórias assim como no surgimento de outras. Há que se considerar ainda as peculiaridades da dinâmica concorrencial e inovativa que circunscreve cada mercado, acrescido às dificuldades técnicas e ao ambiente institucional que lhes são inerentes. Dentre os vários fatores que contribuem para a maior desenvoltura deste segmento em relação aos setores agrícola e alimentar estão a maior receptividade a novos produtos e uma participação mais expressiva do Estado, que se evidencia tanto no volume de recursos destinados à pesquisa pública quanto ao uso de seu poder de compra para o atendimento de sistemas públicos de saúde.

Por sua vez, os avanços da biotecnologia no setor agrícola envolvem o gradual abandono de técnicas estocásticas de cruzamento e seleção em prol de um enfoque mais determinista na obtenção de novos produtos e cultivares. No entanto, há ainda grande ceticismo no que se refere a possíveis impactos de tais práticas sobre a saúde e meio ambiente, por que se verifica maior contestação empreendida por parte do setor público, entidades ambientalistas e organizações não-governamentais, bem como parcela da sociedade civil. Além disto, o esgotamento das trajetórias tecnológicas no meio agrícola é menos evidente do que no segmento da saúde humana, tornando menos imperiosa a busca por novas trajetórias e paradigmas (Artuso, 2003; Parayil, 2003).

Algumas ações implementadas nos últimos anos possibilitaram uma sensível expansão do conhecimento no campo da biotecnologia, com destaque para sua nuance fronteiriça. De acordo com Davies (2001), o Projeto Genoma Humano, ao mobilizar recursos da ordem de US\$ 3 bilhões, instituiu múltiplos *spill overs* – como o sequenciamento automático de DNA e a técnica de sua amplificação, a *polymerase chain reaction* (PCR) e a mobilização em estado sólido de microarranjos de DNA (*DNA microarray techniques*) - que elevaram e difundiram competências no sequenciamento de diversos organismos vivos, conformando uma nova área de atuação da biotecnologia, a genômica.

A genômica consiste em um conjunto de técnicas e procedimentos que visa determinar a posição e função de genes contidos no código genético de diferentes seres vivos (Casper & Witley 2004). Juntamente aos estudos e avanços realizados na área da genômica, a proteômica tem também se convertido em um importante objeto de estudo da biotecnologia, dado que muitas funções celulares são coordenadas por complexos de proteínas. De fato, conforme apontam Persley, Peacock & Montagu (2002), o estudo do proteoma é mais complexo do que o do genoma, não apenas pela grande diversidade de proteínas, mas também porque cada gene pode expressar mais de uma proteína. O entendimento destas funções poderia viabilizar, no entanto, a capacidade de manipulação destas operações, amplificando as possibilidades de aplicação da biotecnologia.

O desenvolvimento da proteômica, por sua vez, fomentou a expansão de um outro campo de estudos em biotecnologia, o metaboloma celular. De fato, conforme atestam Mangematin *et alii* (2003), um conhecimento mais detalhado da estrutura e função das proteínas, assim como o modo como estas influenciam os processos biológicos nos seres vivos implica maior conhecimento em relação às operações metabólicas e processos químicos que ocorrem no interior das células, a fim de se obter uma perspectiva holística dos processos biológicos e sua complexidade.

Assim, a biotecnologia moderna, em seu aspecto fronteiriço, tem evoluído com o estudo sistemático e simultâneo destes três níveis ou recortes analíticos, quais sejam, a genômica, a proteômica e a metabolômica. O desafio atual consiste pois em compreender como as descobertas científicas mais recentes no campo da biotecnologia – derivadas sobretudo destes campos–

podem ser convertidas em aplicações úteis à sociedade, como no desenvolvimento de novas variedades de grãos, fármacos, alimentos e outros produtos.

No campo da saúde, além de suscitar novas trajetórias e linhas de pesquisa para o tratamento de doenças como o câncer, AIDS e outras, as pesquisas em genômica, proteômica e metabolômica têm também estimulado o desenvolvimento de novos campos e áreas de atuação no âmbito da medicina. Conforme apontam Persley, Peacock & Montagu (2002), a farmacogênica é uma perspectiva promissora e se vincula ao desenvolvimento de drogas, procedimentos médicos e fármacos de forma personalizada (*customized diseases treatment*), a partir da prévia identificação e conhecimento da estrutura genética e molecular de cada indivíduo. Desta forma, seria possível um tratamento mais refinado e determinista, que levasse em conta o histórico, peculiaridades e idiossincrasias individuais.

Uma outra linha de pesquisas aberta pela biotecnologia para o tratamento de doenças e enfermidades refere-se à utilização da terapia celular e células-tronco. Conforme destacam Calvo *et alii* (2004), esta técnica é passível de aplicação no tratamento do câncer, doenças hereditárias e infecciosas e distorções no sistema imunológico, a partir da inserção de um gene funcional dentro de uma célula humana com o intuito de conferir-lhe uma nova função, atenuar ou corrigir efeitos provocados por mutação gênica e outras disfunções.

Por seu turno, as aplicações da genômica e proteômica no segmento agrícola têm proporcionado maior conhecimento e compreensão acerca do funcionamento de plantas e a forma como estas reagem a condições ambientais, dando origem a cultivares que amplificam a capacidade de resistência da planta à aridez e temperaturas elevadas, dentre outras condições ambientais adversas, bem como a resistência a insetos e pragas. Em condições experimentais também começam a ser desenvolvidos estudos voltados à implementação de modificações estruturais na planta, alterando o formato das folhas, tamanho e forma de caule, raízes e mesmo sementes, com vistas a reduzir suas necessidades energéticas e permitindo, por conseguinte, maior produtividade e facilidade em sua adaptação e cultivo.

Entretanto, conforme apontam Ávila *et alii* (2001), prevalecem na atualidade práticas associadas à tolerância a herbicidas e elevação da resistência a pragas e fatores ambientais, em razão destas pesquisas envolverem menor complexidade técnica, uma vez que se caracterizam

pela manipulação e expressão de poucos genes. Estima-se que quando as condições de manipulação e expressão de caracteres poligênicos se tornarem mais satisfatórias vislumbrar-se-ão perspectivas mais ousadas na aplicação da biotecnologia na agricultura, tornando-se possível o controle e expressão de genes responsáveis pela composição de óleos, proteínas e carboidratos da planta, dotando-as de maior valor nutricional, vitamínico e mineral (Muniz, 2001).

As Novas Empresas de Biotecnologia (NEBs)

Ainda no que concerne a elementos que conformam a dinâmica da biotecnologia, é pertinente destacar o papel das empresas especializadas em biotecnologia, que surgiram com maior envergadura a partir da década de 70, notadamente nos Estados Unidos, de forma concomitante ao desenvolvimento das técnicas de DNA recombinante. Estas empresas se caracterizavam pelo pequeno porte e elevado grau de especialização em nichos específicos de mercado, e visavam explorar o potencial tecnológico derivado de avanços no conhecimento científico. De fato, muitas destas *start ups* foram criadas por professores e pesquisadores egressos de universidades e centros de pesquisa, o que ocasionou forte concentração geográfica destas empresas junto ao meio acadêmico.

Ao longo de seu desenvolvimento, estas empresas se depararam – e ainda se deparam – com severas dificuldades, decorrentes sobretudo de problemas de natureza técnico-científica, financeira e institucional. Porquanto constitui a biotecnologia um campo do conhecimento ainda em construção e revestido de grande complexidade, é bastante plausível a ocorrência de entraves e limitações de ordem técnica. Por sua vez, a questão financeira decorre do horizonte temporal relativamente dilatado –chegando muitas vezes a 10 ou 15 anos – que pode incorrer antes que empresas reúnam condições de apresentar um produto com desempenho técnico e econômico de maior destaque. Tal horizonte imprime certo ceticismo de parte de investidores e agentes financeiros, que se defrontam com um *gap* temporal muito amplo para o retorno de seus investimentos, agravado por um contexto de incerteza no qual muitas vezes não se verifica retorno algum (Salles Filho, 1993; Bonacelli & Salles Filho, 1996).

Outros entraves enfrentados por estas empresas se referem à não dominância de ativos complementares, como o aspecto comercial, dado que muitas não conseguem se inserir nos mercados que almejam atuar, desconhecem técnicas apropriadas de *marketing* e gestão da produção, contam com baixo nível de qualificação gerencial, em face da pouca ou inexistente

experiência empresarial dos criadores destas empresas e mesmo aspectos institucionais, como lacunas no regime de propriedade intelectual e um marco regulatório restritivo no que concerne à utilização de produtos derivados da biotecnologia (Braun & Moses, 2004).

A fim de dar prosseguimento a suas atividades, estas empresas engendraram um conjunto de ações, dentre as quais se destacou a celebração de acordos e alianças com grandes empresas dos setores agrícola, farmacêutico e alimentar, que passaram a ingressar o campo da biotecnologia a partir da primeira metade dos anos 80. Enquanto as empresas de biotecnologia se beneficiavam deste arranjo para obter recursos financeiros para suas atividades e melhores condições de inserção mercadológica, as grandes empresas logravam efeitos sinérgicos e complementação de ativos intangíveis aproveitando as competências técnico-científicas já adquiridas pelas primeiras, o que lhes permitia a queima de etapas de desenvolvimento e a economia de custos de transação (Salles-Filho, 1993; Pisano, 1991).

Nos dias atuais, empresas especializadas em biotecnologia ainda se deparam com problemas de sustentação bastante similares aos experimentados pelas empresas pioneiras do setor. Um estudo coordenado por Niosi (2003) elencou um conjunto de condições para que estas empresas possam deter melhores condições e oportunidades de crescimento e desenvolvimento. Estas condições envolvem desde a inserção em mercados com maior potencial de crescimento, passando pela obtenção de patentes e a inserção em sistemas e arranjos inovativos.

Desta forma, Niosi (2003) aponta que dentre os requisitos primários para uma boa inserção no mercado e rentabilidade está a necessidade de divisar nichos de mercado de produtos com potencial mais elevado de crescimento, dado o fato de que o crescimento dos mercados afetados pela biotecnologia não se dará no mesmo nível e intensidade. Os segmentos ligados à saúde humana e desenvolvimento de medicamentos e drogas têm sido mais rentáveis do que os segmentos agrícola e alimentar. Ao mesmo tempo, mostra-se importante o acesso a mercados externos, dado que produtos intensivos em conhecimento tendem a se caracterizar por retornos crescentes de escala, uma vez que a seus elevados custos iniciais – decorrentes sobretudo de dispendiosos investimentos em P&D e *marketing* – segue-se um rápido declínio do custo de produção por unidade.

Um outro aspecto pressuroso se refere à obtenção de patentes, que devem ser entendidas não apenas como um instrumento que viabiliza a apropriabilidade sobre um novo produto ou processo, mas também corresponde a uma forma de sinalizar a outros agentes (empresas, universidades e investidores) que a empresa está conduzindo atividades de P&D de maneira exitosa. Nestes termos, a patente se converte em um utensílio que garante maior credibilidade, favorecendo o acesso a outros recursos, em especial financeiros, usualmente sob a forma de aplicações de risco. É conveniente frisar que o capital de risco é particularmente importante para empresas mais recentes, uma vez que outras formas de atração de recursos, como a formação de alianças e acordos com grandes empresas são comumente operações que ocorrem em uma fase posterior do ciclo de vida da empresa, quando a mesma já conseguiu dar sinais mais nítidos de sua eficiência e potencialidade (Cantley, 2004).

Neste cenário, o perfil da equipe de técnicos e pesquisadores emerge como outro requisito importante para o desenvolvimento da empresa. No momento que uma *start up* inicia suas atividades, suas possibilidades de desenvolvimento em curto prazo de um produto que possa lhe render uma patente são pouco efetivas. Isto implica dificuldades na obtenção de capital para o exercício de suas atividades, dados os elevados graus de incerteza e risco moral (*moral hazard*) que lhe são inerentes. Em tais condições, contar com pesquisadores de reconhecido mérito pode ser uma estratégia igualmente viável para superar estes obstáculos iniciais (Corolleur & Mangematin, 2004; Sharma, 2004).

Ao mesmo tempo, mostra-se cada vez mais premente a orquestração de alianças e arranjos inovativos entre estas empresas e outros agentes, notadamente os relacionados à produção de conhecimento científico, como universidades e institutos de pesquisa. No caso da biotecnologia, isto parece ser, desde sua origem, um aspecto peculiar, dada sua forte imbricação com a ciência, em que as aplicações industriais se reportam copiosamente ao meio acadêmico e a fronteira do conhecimento se move com grande dinamismo. É conveniente mencionar ainda que o perfil e porte destas alianças se tornaram mais complexos nos últimos anos, remetendo à formação de amplos e heterogêneos arranjos de pesquisa e inovação, que incorporam não apenas pequenas empresas e o meio acadêmico, mas também grandes empresas, agentes técnicos e financeiros e segmentos do setor público. Neste caso, a presença de pesquisadores de maior renome parece ser também um diferencial no equacionamento desta condição, em virtude do maior capital humano

e intelectual que estes costumam agregar junto a si, favorecendo e amplificando contatos e possibilidades de inserção em alianças, *clusters* e sistemas de inovação.

2.2 Biotecnologia, Regulação e Novos Marcos Institucionais

Conforme mencionado, a evolução da biotecnologia tem se dado mediante o avanço de inúmeros *building blocks* que a compõem. Nos últimos anos estes blocos incorporaram protocolos existentes de pesquisa e metodologias com novos conceitos e práticas científicas, que incluem a genômica, a proteômica, biologia molecular, genoma funcional, bioquímica, dentre outras, juntamente à consolidação de um setor produtor de insumos, máquinas e equipamentos para biotecnologia, que suscitam a criação de novas rotinas, *softwares* de informática que se combinam em variadas formas de organização (Silveira & Borges, 2004).

Estas transformações têm refletido uma necessidade de revisão e concertação de novos marcos regulatórios e institucionais, que incluem elementos díspares como legislação quanto à liberação e rotulagem de organismos geneticamente modificados, pesquisas e estudos envolvendo o uso de células-tronco embrionárias, debates acerca da autorização de técnicas de clonagem para fins terapêuticos, direitos de propriedade intelectual, acesso a recursos genéticos e normas de biossegurança. Todas estas questões se reportam, em maior ou menor grau, aos contornos do ambiente institucional que reveste o campo da biotecnologia.

Antes de se proceder a um debate acerca deste ambiente, é conveniente discutir mais detalhadamente o conceito de instituição. A este respeito, opta-se pela contribuição de Dosi & Orsenigo (1988), que definiram tal conceito sob duas perspectivas distintas. De um lado, o termo se refere a um conjunto de organizações formais, tais como empresas, universidades, institutos de pesquisa, agências governamentais, adquirindo um sentido mais estrito. Por outro lado, o conceito também apresenta uma conotação mais vasta, reportando-se à teoria sociológica, incorporando o conjunto de normas e/ou restrições construídas pelos seres humanos, cujo fim é a redução da incerteza presente no ambiente econômico e social, a partir da pré-determinação de condutas e comportamentos, os quais possam padronizar e modelar as formas de ação de atores e outras instituições.

Esta definição ampla se aproxima da contribuição de North (1990) e North & Wallis (1994), para os quais as instituições, correspondendo às “regras do jogo” que conformam o

ambiente econômico e a sociedade, imputam condutas por meio de princípios de natureza formal (constituições, leis, direitos de propriedade, entre outros) e informal, tal como sanções, tabus, costumes, tradições e códigos de conduta.

Definidas como tal, as instituições se vinculam à regulação das relações entre indivíduos e grupos, com o propósito de prover informações a agentes de modo a reduzir incertezas, gerar incentivos às atividades econômicas e auxiliar a resolução de conflitos. As instituições também podem, no entanto, se converter em um severo entrave à inovação e progresso técnico.

Por esta razão, as instituições, sejam elas formais ou informais, devem ser consideradas elementos cruciais no processo inovativo, produtivo e comercial. Ainda que em termos formais a sociedade possa regular o desenvolvimento, uso e comercialização de uma determinada tecnologia mediante a arbitragem de órgãos governamentais e normas de controle e fiscalização, as instituições informais podem atravancar a difusão de um produto, serviço ou tecnologia, constituindo muitas vezes o principal obstáculo a ser transposto.

Conforme apontam Hall & Vredenburg (2004), as tensões e controvérsias enfrentadas pela Monsanto quando da introdução de variedades geneticamente modificadas de grãos resistentes a herbicidas e pesticidas consiste arquétipo peculiar deste fenômeno. A despeito do sucesso obtido pela empresa no desenvolvimento de tais variedades, no âmbito institucional têm se verificado um conjunto de limitantes que se reportam não apenas a elementos formais – legislação restritiva em alguns países, obrigatoriedade da rotulagem e outros, mas também fatores informais, como a desaprovação de entidades ambientalistas e movimentos contra a globalização, bem como a resistência manifestada por consumidores da União Européia, dentre outros.

A este respeito, Hall & Martin (2005) destacam que os problemas vivenciados pela Monsanto – e outras empresas de sementes – decorre do fato de que, se por um lado estas tinham interesses similares a seus principais produtores – produção de grãos de forma segura, com alta produtividade e baixos custos fitossanitários, por outro lado conferiu-se pouca atenção a outros *stakeholders* de grande importância na conformação do ambiente institucional. Dentre estes, grupos ambientalistas manifestaram receio quanto à possibilidade de transferência de genes de variedades engenheiradas para variedades nativas (*outcrossing*), elevação da resistência de pragas a insetos a pesticidas e o risco de que economias em desenvolvimento se tornassem fortemente

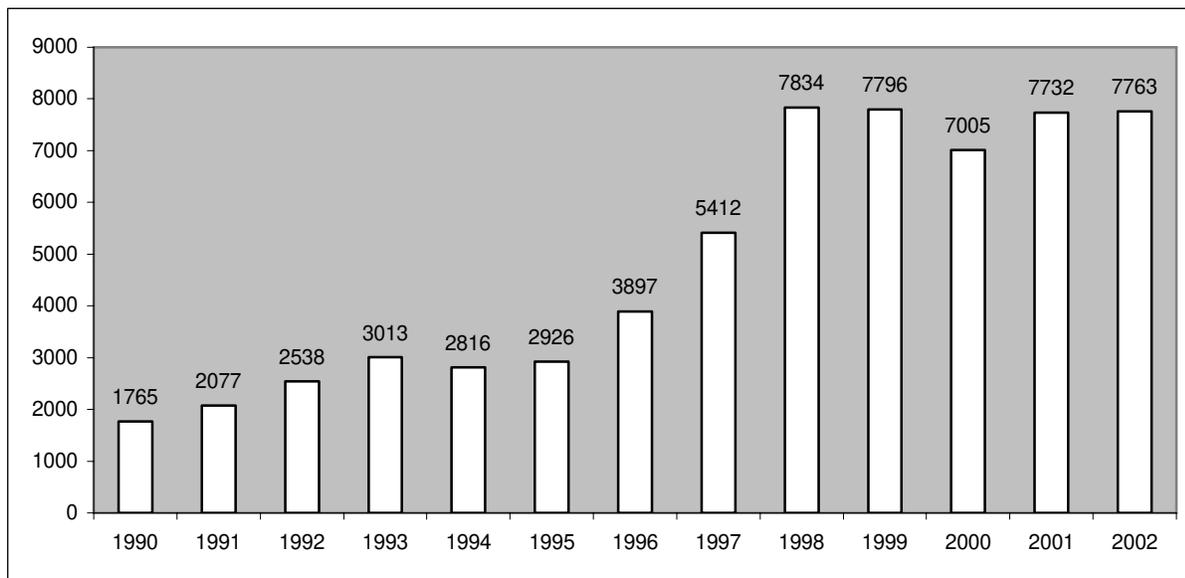
dependentes de pacotes tecnológicos e produtos oriundos de transnacionais da indústria de sementes.

Ainda segundo estes autores, em virtude da existência de objetivos, demandas e opiniões distintas entre *stakeholders*, estes usualmente interpretam uma mesma situação sob óticas e perspectivas distintas, notadamente quando a informação necessária para a tomada de decisão é limitada. É conveniente acrescentar que a ambigüidade pode também emergir de valores éticos, religiosos, culturais, sociais e outros.

Nestas condições, parece razoável que em um campo multidisciplinar e dinâmico como a biotecnologia, os esforços inovativos sejam acompanhados por uma análise mais compreensiva e detalhada dos *stakeholders* que compõem o ambiente institucional, assim como a determinação de marcos legais e regulatórios, abordagem esta que pode inclusive se converter em uma importante vantagem competitiva em relação a outras empresas, organizações e mesmo países.

Em suma, depreende-se que a biotecnologia é, portanto, intrinsecamente marcada por um aspecto tenso e conflituoso, em que um mesmo fenômeno é observado e analisado sob perspectivas distintas e conflitantes que nem sempre podem ser eliminadas. O caso da biotecnologia agrícola, que por um lado permite aumentar a produtividade da agricultura e por outro lado pode causar impactos negativos sobre a biodiversidade exemplifica a dificuldade em conciliar interesses bem como expõe a elevada incerteza que reveste a avaliação dos impactos futuros desta atividade.

Dentre os múltiplos aspectos regulatórios que devem ser considerados na reestruturação de marcos institucionais vinculados à biotecnologia, vê-se na atualidade maior preocupação na demarcação de direitos de propriedade intelectual (DPI) e normas relacionadas a possíveis efeitos danosos de tecnologias sobre a saúde humana e meio ambiente. Com efeito, argumentam Dal Poz, Silveira & Fonseca (2004) que setores intensivos em C&T presumem a existência de leis e normas que assegurem, ao menos em um determinado intervalo de tempo, condições favoráveis à apropriabilidade e exploração comercial da inovação, dado o longo horizonte temporal e elevados custos envolvidos em seu desenvolvimento. A importância de DPI e patentes em biotecnologia é expresso pela Figura 2.1, expressa a seguir.



Figuras 2.1 - Patentes em biotecnologia concedidas nos Estados Unidos

Fonte: Silveira & Borges (2004)

A Figura 2.1 apresenta as patentes concedidas em biotecnologia nos Estados Unidos a partir da década de 90. Nota-se uma evolução de 1.765 concessões em 1990 para um total de 7.763 em 2002. As dificuldades e custos envolvidos no desenvolvimento de biotecnologias fazem com que DPI e patentes sejam fatores estruturais para o incremento deste campo.

Este aspecto é endossado por Vieira & Buainain (2004), que assinalam que a formação de arranjos cooperativos de pesquisa e inovação, condição intrínseca à moderna biotecnologia, em decorrência de sua interdisciplinaridade, complexidade e dispersão em meio a um conjunto de setores e áreas do conhecimento, depende estruturalmente de uma apropriada demarcação destes direitos. As complexas redes que se formam entre distintos atores e agentes, dotados de objetivos dispersos e muitas vezes conflitivos, exige a concertação de critérios e condições para a apropriação do resultado para cada um dos atores nelas circunscritos. Nesta conjuntura, Silveira & Borges (2004) afirmam que os DPI transcendem um conjunto de incentivos ao empresário inovador, ao passo que criam e conformam as condições necessárias para a própria formação de redes, elemento estrutural no desenvolvimento biotecnológico.

Por seu turno, o marco regulatório relacionado à biossegurança exprime a concertação de um conjunto de ações relacionadas desde as atividades de P&D envolvidas no desenvolvimento

de biotecnologias até o consumo final. De fato, conforme aponta Zarrili (2000), estes riscos podem ser agrupados em duas grandes categorias, quais sejam, intrínsecos e extrínsecos à tecnologia. No primeiro grupo se concentram possíveis externalidades negativas sobre o meio ambiente e saúde humana e animal. O segundo grupo corresponde a elementos de cunho econômico, político e social, tais como o risco de privatização e concentração dos investimentos em P&D em setores que denotam forte impacto social, como agricultura e saúde. Neste caso, teme-se que o controle de empresas transnacionais possa implicar grande dependência e baixa adequação a princípios de defesa da biodiversidade, formas espúrias de bioprospecção, dentre outras.²⁴

Em decorrência do desenvolvimento da biotecnologia e da necessidade de revisão de marcos regulatórios e do ambiente institucional que a reveste, Sager (2001) propõe um conjunto genérico de cenários que tentam ilustrar possíveis linhas de evolução da biotecnologia, baseados em dois critérios nucleares. O primeiro deles remete ao grau de avanço, integração e convergência tecnológica da biotecnologia, derivado de programas de pesquisa realizados a partir da genômica, proteômica e metabolômica. Junto a isto, emerge a questão do apoio e legitimação pública popular, a ação de *stakeholders*, a aceitação destes produtos e a instituição de marcos regulatórios e institucionais eficientes, que originem condições mais apropriadas para o desenvolvimento e evolução da biotecnologia. O cruzamento entre estas duas variáveis permite que se vislumbrem quatro cenários, expressos na Figura 2.2.

24 A questão da biossegurança será mais conveniente abordada na última seção deste capítulo.

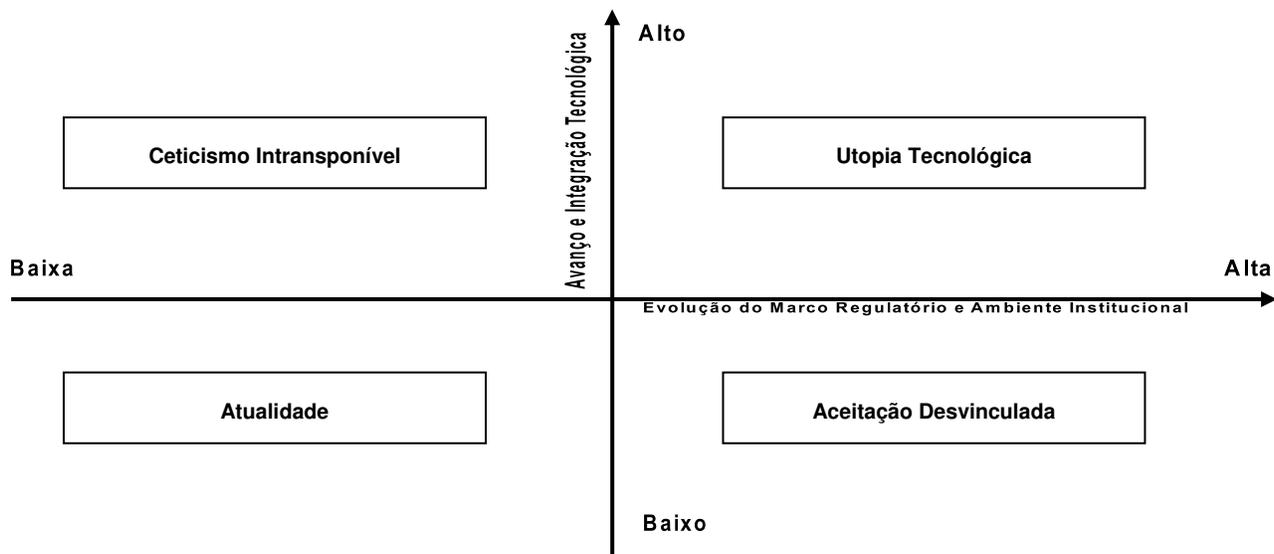


Figura 2.2 – Cenários e Perspectivas de Desenvolvimento da Biotecnologia

Fonte: Adaptado de Sager (2001)

Como é possível observar na Figura 2.2, na atualidade vive-se um contexto em que prevalece um baixo grau de integração e convergência tecnológica, associado a um quadro igualmente modesto no que concerne à legitimação da sociedade. Neste cenário, constata-se que a maior parte da população tem pouco entendimento e esclarecimento acerca das perspectivas da biotecnologia, seus avanços e riscos, e são pouco efetivos os marcos regulatórios e institucionais. Ao mesmo tempo, a biotecnologia, muito embora esteja refinando seus instrumentos e ampliando o estoque de conhecimento existente, revela dificuldades em traduzir este potencial em uma grande variedade de processos e produtos. Por sua vez, o conhecimento limitado da população a respeito da biotecnologia induz que muitos dos produtos que foram desenvolvidos se defrontem restrições para se inserir satisfatoriamente em mercados consolidados e dominados por produtos e empresas tradicionais.

O cenário diametralmente oposto a este é denominado de “utopia tecnológica”, em que a biotecnologia conseguiria atingir um elevado grau de desenvolvimento, integração e convergência tecnológica, com aplicações expressivas na medicina, agricultura, engenharia e processos industriais. Concomitantemente a isto, verificar-se-ia um ambiente institucional próspero e forte legitimação pública relativa aos produtos e perspectivas da biotecnologia. Isto implicaria um efeito sinérgico e de retroalimentação ao desenvolvimento da biotecnologia, na

medida em que haveria condições mais favoráveis para a geração de novos empreendimentos, empresas e pesquisas, maior acesso a capitais e uma conformação apropriada dos marcos regulatórios e do ambiente institucional.

Os demais cenários apresentados na Figura 2.2 expressam situações parciais, em que o aspecto positivo em uma das duas variáveis é contrabalançado por um aspecto negativo na outra variável. Desta forma, o terceiro cenário é denominado de “aceitação desvinculada”, e se caracteriza por um contexto em que a aceitação e suporte social à biotecnologia são elevados, ainda que a mesma não consiga atingir altos níveis de avanço, integração e convergência tecnológica. Neste caso, fala-se em aceitação desvinculada porque haveria apoio público ainda que o desenvolvimento biotecnológico fosse restrito. Produtos e processos disponibilizados por estas técnicas seriam relativamente raros, mas teriam boa penetração no mercado. De forma análoga, é possível intuir que o esclarecimento da população acerca da biotecnologia conduziria a um ambiente regulatório e institucional apropriado. Neste cenário, seria possível conceber possibilidades promissoras de desenvolvimento para a biotecnologia, uma vez que seus entraves se restringiriam às questões técnicas, que poderiam arrefecer mediante o avanço do conhecimento.

Por fim, verifica-se o cenário denominado “ceticismo intransponível”, marcado por um contexto em que prevaleceriam a desconfiança e insatisfação da sociedade em relação à biotecnologia ainda que esta obtivesse elevados graus de avanço e convergência tecnológica. Neste caso, observa-se que mesmo que a biotecnologia viabilizasse opções pertinentes de produtos e processos em distintos setores da economia e sociedade, sua penetrabilidade nos mercados seria prejudicada em virtude da pequena legitimação social para suas práticas e conquistas. Em tais contornos, poder-se-ia inclusive predizer uma desaceleração das atividades de pesquisa e das empresas, o que significaria abrir mão de contribuições úteis à sociedade. Este cenário ilustra a importância de se proceder a um processo exaustivo de esclarecimento da sociedade acerca da dinâmica biotecnológica, apontando não apenas os riscos, mas também as possíveis conquistas e benefícios por ela proporcionados.

Antes de passar à próxima seção, convém mencionar que estes cenários pretendem não mais do que apontar tendências bastante genéricas, inexistindo qualquer ambição em constituir um esforço extenuante ou pormenorizado acerca de perspectivas futuras para o desenvolvimento

da biotecnologia. Um estudo que pretendesse isto necessariamente deveria, em primeiro lugar, abranger um número maior de variáveis, e não se subsumir às que foram apresentadas. Desta forma, seria possibilitada uma visão mais complexa e detalhada de cada cenário. Uma análise mais detalhada será proposta no último capítulo deste trabalho, quando serão propostos cenários que possam exprimir possíveis linhas para o desenvolvimento da biotecnologia no Brasil.

2.3 Biotecnologia e Engenharia Genética

A incorporação de técnicas de engenharia genética ao escopo da biotecnologia conferiu-lhe sua conotação moderna e suscitou avanços significativos nos últimos anos, viabilizando uma contínua evolução ao longo de sua fronteira tecnológica. O célere dinamismo observado na criação de organismos geneticamente modificados, bem como em estudos envolvendo terapia celular e o uso de células-tronco são indicativos bastante salutar desta correlação.

Os organismos geneticamente modificados correspondem a seres cujo material genético foi deliberadamente alterado, a fim de possibilitar arranjos que seriam difíceis ou mesmo impossíveis de ocorrer de forma espontânea (Penalva da Silva, 2001). De forma distinta aos métodos mais tradicionais de cruzamento e seleção, que se concentram no cruzamento de seres de uma mesma espécie, as técnicas de engenharia genética usualmente envolvem a transferência de genes entre organismos e variedades de espécies distintas, como plantas, fungos e algas, conformando os chamados transgênicos.²⁵

Tais técnicas ambicionam aprimorar atributos pré-existentes ou inserir novos a um determinado organismo, remover ou ainda alterar caracteres indesejáveis (Mellon & Rissler, 2004). É importante registrar, contudo, que a emergência de técnicas de engenharia genética não implica uma ruptura ou abandono de técnicas tradicionais de manejo e melhoramento genético. De fato, Paterniani (2001) aponta que há um amplo espaço de coexistência entre as mesmas, permanecendo as técnicas convencionais bastante eficazes no âmbito de sua aplicabilidade e potencialidades.

²⁵ De fato, Nodari & Guerra (2001) destacam que a soja *Round up Ready* contém material genético de pelo menos quatro organismos distintos, quais sejam, o vírus do mosaico da couve flor, uma variedade de petúnia e duas derivações da bactéria *Agrobacterium*.

Estas agrobiotecnologias têm sido apresentadas sob a forma de fases ou “etapas” de desenvolvimento, marcadas por graus crescentes de complexidade técnica. Desta forma, na primeira fase – observável na conjuntura atual – prevalecem inovações relacionadas à simplificação do manejo e tratos agrônômicos visando à elevação da produtividade e redução de custos, notadamente mediante a introdução de dois atributos específicos, quais sejam, o aumento da tolerância a determinados tipos de herbicidas, majorando a resistência da planta a suas aplicações e o incremento da resistência a insetos, vírus e fungos, a partir da incorporação de genes de toxinas derivadas do solo que têm efeito deletério sobre as referidas pragas (Nascimento, 2001; Silva, 2003).

Shaper & Parada (2001) asseveram que os principais produtos transgênicos ora disponíveis para comercialização são a soja *Round up Ready*, produzida pela Monsanto, que apresenta maior resistência ao herbicida glifosato, bem como um conjunto de variedades *Bt*, dentre as quais se inclui o milho, o algodão, hortaliças e outras, ou mesmo variedades híbridas que são simultaneamente tolerantes ao glifosato e possuem o gene *Bt*.²⁶ Estas alterações suscitam benefícios diretos mais perceptíveis – mas não exclusivamente – aos produtores agrícolas, que passam a deter operações de manejo facilitadas e, em alguns casos, redução de custos.²⁷

Porquanto estes atributos se tornam mais rotineiros e difundidos, concentram-se esforços no desenvolvimento de novas gerações de OGMs. De acordo com Medeiros (2000) e Paalberg (2002), prevê-se que a segunda geração proporcionará benefícios mais explícitos aos consumidores, alterando propriedades nutricionais de alimentos, resultando em impactos sobretudo em regiões mais pobres e populações desnutridas. Em consonância a este argumento, Giddins *et alii* (2000) fazem referência a uma terceira geração de variedades transgênicas, que deverá suscitar alimentos revestidos de determinadas propriedades medicinais, tais como vacinas e elementos que auxiliem a redução de gorduras, colesterol e o melhoramento do perfil lipídico de consumidores. A possível emergência destas novas gerações poderia ter impactos positivos da sociedade civil no que diz respeito às técnicas e produtos ofertados pela transgenia, uma vez que

26 Esta denominação é derivada da introdução nas mesmas de um bacilo (*Bacillus thuringiensis*), responsável pela produção de uma toxina que elimina insetos e pragas paralisando suas funções digestivas.

27 Isto porque, a despeito da pluralidade de estudos realizados com vistas à constatação desta tese, estes se realizam sob condições muito díspares de clima, grau de infestação, condições do solo, declividade e

seus benefícios seriam mais perceptíveis e palpáveis, revelando de forma mais pervasiva seus ganhos e potencialidades, o que implicaria maior sustentação e apoio da sociedade civil.

As vantagens propagadas por aqueles que se mostram favoráveis à utilização de variedades transgênicas fazem referência à simplificação do plantio e manejo da produção e benefícios ao meio ambiente, saúde e alimentação. No que se refere ao manejo e produção, destaca-se a redução no uso de herbicidas (com externalidades positivas sobre o meio ambiente e custos), maior rendimento e produtividade do cultivo, maior rentabilidade ao produtor agrícola e diminuição do uso de máquinas e demais defensivos químicos (Shaper & Parada, 2001; Paterniani, 2001). A estes fatores, Zancan (2001) adiciona o maior dinamismo na geração de novos cultivares, melhores condições de vencer entraves de ordem biótica e abiótica e melhoramento da exploração de condições ecológicas adversas pelo direcionamento da criação de genótipos adaptados.

No que se refere ao aspecto ambiental, apontam-se como fatores positivos, além da redução do uso de defensivos – cujo gasto anual é estimado em US\$ 35 bilhões, dos quais US\$ 2,5 bilhões apenas no Brasil – também o fato de o glifosato trazer vantagens em relação a outros herbicidas por ser mais facilmente degradável e impactar em menor escala o solo e recursos hídricos. As variedades transgênicas ainda permitiriam a adoção de técnicas de plantio direto, viabilizando melhor conservação do solo ao passo que reduz a incidência de erosão e, por fim, reduziria sua compactação, na medida em que possibilita menor incidência de máquinas no plantio e manejo agrícola (Paterniani, 2001; Valois, 2003). Os principais benefícios correlatos ao campo da saúde se relacionariam, conforme expresso anteriormente, da perspectiva de criação de plantas e demais organismos que expressem caracteres de relevância terapêutica.

Por seu turno, os presumíveis impactos positivos relacionados à alimentação dizem respeito, mormente à possibilidade de aprimoramento da produção e produtividade no cultivo de grãos. De acordo com Rowe (2004), o total de pessoas subnutridas e em estado de miséria alimentar perfaz na atualidade um montante de quase 850 milhões. A expectativa para os próximos trinta anos é de um crescimento populacional de quase 2 bilhões de pessoas, demandando novas alternativas para a provisão de alimentos em meio a uma base de recursos

procedimentos metodológicos, inviabilizando uma conclusão definitiva. Para maiores informações a este

naturais crescentemente frágil e limitada. Deve se mencionar, no entanto, que ao menos nos dias atuais a questão da fome é motivada menos por um esgotamento das condições físicas de produção de alimentos e mais por fatores de ordem política, econômica e distributiva.

A despeito da controvérsia relativa a possíveis riscos na utilização destas variedades, observa-se um aumento substantivo e perspectivas de ampliação de sua utilização em conformidade à gradual liberação da produção voltada à comercialização em diversos países. A Figura 2.3, expressa a seguir, aponta a área de cultivo de tais variedades ao longo dos últimos anos.



Figura 2.3– Área de Cultivo de Variedades Geneticamente Modificadas entre 1995 e 2004, em milhões de hectares

Fonte: James, 2005

O crescimento da área plantada de variedades geneticamente modificadas em 2004 representou um incremento da ordem de 20% em relação ao ano de 2003, alcançando 81 milhões de hectares e constituindo uma elevação de cerca de 40 vezes em relação à área cultivada em 1995, que era da ordem de 1,7 milhão de hectares. Desta área, aproximadamente 25 milhões de hectares (cerca de um terço) está sendo cultivada em países em desenvolvimento.

A produção de variedades transgênicas está concentrada em cerca de 8,25 milhões de produtores em 17 países. A tendência de crescimento destes cultivos é evidenciada pelo fato de que os catorze principais produtores mundiais de transgênicos elevaram sua produção em ao menos 50 mil hectares no ano de 2004 (James, 2005). O Quadro 2.1, ilustra os principais produtores mundiais, seu nível de produção e participação percentual na produção global.

Quadro 2.1 – Área cultivada dos principais produtores mundiais de variedades transgênicas, em milhões de hectares e percentagem

País	Área Cultivada (milhões de hectares)	%
Estados Unidos	47,6	59
Argentina	16,2	20
Canadá	5,4	6,5
Brasil	5,0	6,2
China	3,7	4,6
África do Sul	0,5	0,7
Outros	2,2	3,0
Total	81,0	100

Fonte: Elaboração do autor a partir de James (2005)

Os dados acima mencionados revelam que os Estados Unidos, com 47,6 milhões de toneladas é o maior produtor mundial de grãos transgênicos, respondendo por 59% de todo o produto mundial. A ele se segue a Argentina, com 16,2 milhões (20%), Canadá, com 5,4 milhões (6,5%), Brasil (5 milhões e 6,2%), China (3,7 milhões e 4,6%), África do Sul (0,5 milhões e 0,7%). Os demais produtores respondem juntos por uma área cultivada de 2,2 milhão de hectares, responsáveis por 3 % da produção global. As principais variedades cultivadas nestas regiões são expressas no Quadro 2.2, expresso a seguir.

Quadro 2.2 – Principais variedades transgênicas cultivadas no mundo, em milhões de hectares e percentagem.

Variedade	Área Cultivada (Milhões de hectares)	%
Soja	48,4	60
Milho	19,3	23
Algodão	9,0	11
Canola	4,3	6
Total	81,0	100

Fonte: Elaboração do autor a partir de James (2005)

As informações expostas no Quadro 2.2 indicam que a soja corresponde à principal variedade transgênica cultivada no mundo, respondendo por 60% de toda a área cultivada (48,4 milhões de hectares). O milho e o algodão juntos correspondem a 34% da área cultivada, perfazendo respectivamente 19,3 e 9,0 milhões de hectares. Finalmente, a canola ocupa uma área de 4,3 milhões de hectares, respondendo por 6% da área cultivada com produtos transgênicos.

De acordo com James (2005) a resistência ao glifosato é a propriedade mais freqüente nestes cultivos, presente em 72% da área total (58,6 milhões de hectares). A resistência a pragas, sobretudo por meio de variedades *Bt* está presente em 15,6 milhões de hectares (19% da área cultivada). A ocorrência simultânea de ambas características, embora experimente um vertiginoso

ritmo de crescimento, ainda revela uma participação menos expressiva, atingindo 6,8 milhões de hectares ou 9% da área total.

É importante registrar que muito embora não se possam fazer previsões muito específicas quanto ao crescimento da área cultivada com variedades transgênicas, estima-se que seu crescimento ainda se dará de forma bastante vigorosa nos próximos anos. Isto decorre do fato de que em muitos países as restrições quanto ao plantio comercial destas variedades está diminuindo. A área de cultivo no Brasil no ano de 2003 (5 milhões de hectares) é bastante conservadora e deve sofrer um acréscimo substancial nos próximos anos, em virtude da autorização para seu cultivo comercial. Desta forma, esperam-se incrementos em regiões onde tais produtos já são autorizados para cultivo e comercialização assim como a entrada de novos países no *rol* daqueles que fazem uso de tais variedades.

Biotecnologia, Biologia e Terapia Celular

Por seu turno, a terapia celular utiliza como insumo principal as células-tronco, que podem ser embrionárias (CTE) ou adultas (CTA). Em relação a estas, as CTE se mostram, ao menos até o momento, mais apropriadas para utilização, em virtude de sua natureza totipotente, ou seja, sua maior capacidade de replicação e diferenciação em qualquer tecido ou órgão humano (Zatz, 2004; Miglino *et alii*, 2003).

As CTA, também denominadas hematopoiéticas, são encontradas sobretudo na medula óssea e no sangue existente na placenta e cordão umbilical, tendo extensa aplicação em transplantes e tratamento de doenças hematológicas como o câncer e outras. De acordo com Pranke (2004), no entanto, as células-troco obtidas na placenta e cordão umbilical apresentam vantagens em relação às presentes na medula óssea, como a extensão dos telômeros, por exemplo. O telômero é parte essencial na divisão celular e está diretamente relacionado à sua capacidade de reprodução. Outras vantagens do sangue proveniente da placenta e cordão umbilical derivam de sua disponibilidade ilimitada e acessível, uma vez que se refere a material que é usualmente descartado após o parto, possibilidade de imediata utilização e menor incidência a reações ou rejeição, em razão de seu caráter imunológico mais imaturo.

Por seu turno, as CTE podem ser obtidas primariamente em clínicas de fertilização, dado que nem todo o material nelas disposto é efetivamente empregado na fertilização *in vitro*, ou

mediante clonagem. As células-tronco embrionárias revelariam maior plasticidade e êxito na reconstituição de tecidos, por que são as mais desejáveis em processos de terapia celular. As condições para sua obtenção, todavia, remetem para questões delicadas e tensas, que envolvem ora a clonagem, ora a destruição de embriões humanos não fertilizados, imiscuindo a este debate princípios religiosos, éticos e morais.

Apesar dos debates que orbitam em torno das perspectivas e riscos da clonagem, seja ela reprodutiva ou terapêutica, é forçoso mencionar que este processo esbarra em severos entraves técnicos. Conforme reportou Zatz (2004), o sucesso na clonagem de *Dolly* só foi obtido após 276 tentativas fracassadas. A autora afirma ainda que dentre as 277 células que foram inseridas em um óvulo sem núcleo, 90% não chegaram sequer a atingir a fase de blastocisto. Outras tentativas no intuito de clonar mamíferos como camundongos, porcos, bezerros, cavalos e até veados registraram igualmente um baixo grau de eficiência e incidência abissal de abortos e embriões mal formados.²⁸

Verifica-se que a quase totalidade dos animais clonados nos últimos anos apresenta problemas como encurtamento dos telômeros, anormalidades na placenta, gigantismo em ovelhas e gado, disfunções cardíacas em porcos, problemas pulmonares em vacas, ovelhas e porcos, fragilidade imunológica, falha na produção de leucócitos e atrofia muscular (Zatz, 2004). Em consonância a estas afirmações, Rhind *et alii* (2003) sumarizam que: a maioria dos clones morre no início da gestação; os animais clonados apresentam defeitos e anormalidades semelhantes, independentemente da célula doadora ou da espécie; as anormalidades e disfunções são possivelmente ocasionadas por falhas na reprogramação do genoma; a eficiência da clonagem depende do estágio de diferenciação da célula doadora, uma vez que a clonagem a partir de células embrionárias tem demonstrado eficiência de 10 a 20 vezes superior às células adultas em virtude de sua melhor atuação no início da embriogênese.

A clonagem terapêutica, tal como a reprodutiva, consiste na transferência do núcleo de uma célula adulta para um óvulo sem núcleo. A principal diferença se relaciona à finalidade do processo, em que não se pretende a criação de um organismo geneticamente idêntico a um indivíduo já existente, mas sim a formação de células saudáveis que possam substituir células ou

tecidos doentes, em casos de lesões na coluna cervical, por exemplo, conformando métodos de terapia celular (Foss & Rogne, 2003). Este procedimento também poderia auxiliar pessoas portadoras de doenças genéticas com vistas a atenuar ou mesmo proporcionar a cura de sua enfermidade. Neste caso, porém, adverte Costa Silva (2004) que o núcleo doado não poderia ser do próprio paciente, uma vez que a mutação causadora da doença genética estaria presente em todas as suas células. Neste caso, a única solução seria utilizar o núcleo da célula de um outro indivíduo, geneticamente saudável, para a obtenção de células para uso terapêutico.

Antes de passar à próxima seção, convém frisar que não é propósito deste trabalho fomentar uma discussão acerca dos aspectos éticos e morais que revestem as aplicações mais recentes da biotecnologia e engenharia genética, mormente no que diz respeito à criação de variedades de plantas e animais geneticamente modificados e práticas e métodos de clonagem reprodutiva e terapêutica, e sim apontar possíveis linhas de desenvolvimento para a biotecnologia. Para maiores informações a respeito dessas questões, recomenda-se consultar Yeganiantz (2001), Garrafa (2000), Cezar & Abrantes (2003), Nodari & Guerra (2001), além de sítios eletrônicos como www.bioetica.ufrgs.br.

2.4 Biotecnologia e Biossegurança

Conforme mencionado ao longo deste capítulo, a biossegurança corresponde a um dos mais relevantes elementos do ambiente institucional da biotecnologia. De acordo com Penalva da Silva (2001) esta não constitui um tema novo e, em termos genéticos, diz respeito a formas de garantir a preservação da vida e na criação de condições para que qualquer agente, seja físico, químico ou biológico que possa colocar o meio ambiente ou a vida humana em risco deva ser objeto de estudo de modo a evitar ou atenuar seus efeitos deletérios.

No que diz respeito à dimensão *stricto sensu*, a biossegurança tem se aplicado com maior destaque a possíveis implicações da moderna biotecnologia, mormente em pesquisas e produtos relacionados à engenharia e manipulação genética de organismos vivos e programas de investigação em terapia celular.

28 Destaque-se, por exemplo, que Penta, a primeira bezerra brasileira obtida por meio de técnica de clonagem, em estudo coordenado pela Embrapa, morreu pouco mais de um mês após o seu nascimento.

Com efeito, o ineditismo destas descobertas e suas possíveis implicações suscitam um debate múltiplo e controverso quanto às formas mais eficazes para se garantir padrões suficientes de biossegurança, do qual tomam parte diferentes *stakeholders*, com destaque para cientistas, organizações não-governais, entidades ambientalistas, empresas, lideranças religiosas, bem como o Estado e a sociedade civil. Este debate encerra concepções distintas e antagônicas acerca da evolução da biotecnologia, de seu impulso desenvolvimento científico e tecnológico e seu papel na economia, ambiente e sociedade.

Restringindo-se esta tensão a elementos eminentemente técnicos, pode-se dizer que nos últimos anos a controvérsia em torno da biossegurança tem se alicerçado em um debate fundamentado em dois pólos, quais sejam, o Princípio da Precaução e o Princípio da Equivalência Substancial.

O princípio da precaução tem suas origens mais remotas no direito germânico (*Vorsorgeprinzip*), e alude à crença de que a sociedade deve adotar medidas preventivas no sentido de monitorar, controlar e evitar a execução de atividades potencialmente causadoras de degradação ambiental (Machado, 2000). O caráter peculiar deste princípio remete a uma inversão do ônus da prova no que diz respeito à moderna doutrina jurídica e da jurisprudência, uma vez que impõe que o autor potencial demonstre *ex ante* que suas ações não provocarão danos ao meio ambiente e, por conseguinte, aos seres humanos. Desta forma, este princípio presume a possibilidade de tomada de providências mesmo que não haja certeza científica quanto à relação entre determinadas ações e os danos presumidos.

O referido princípio passou a contar com maior legitimidade por ocasião da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em 1992. Nesta, sustentou-se que “para proteger o meio ambiente, a precaução deve ser largamente aplicada pelos países de acordo com as suas possibilidades. Onde há risco de perigo sério ou irreversível, a ausência de certeza científica não deve ser usada para se adiar medidas que previnam a degradação ambiental” (Nações Unidas, 1992: Princípio nº 15, *apud* Cezar e Abrantes, 2003).

Por sua vez, o princípio da equivalência substancial ou substantiva tem suas origens na década de 90, derivado de estudo realizado pela OCDE, com intuito de desenvolver

procedimentos para avaliar a segurança de organismos geneticamente modificados. Este estudo sugere que a análise de sanidade de tais organismos não se dissocia da avaliação de segurança alimentar de produtos tradicionais. Por esta razão, assume-se que se um alimento ou ingrediente derivado de tecnologia de DNA recombinante for considerado substancialmente equivalente a um alimento ou ingrediente convencional, aquele poderá ser considerado tão seguro quanto este. Este princípio foi corroborado pelas Nações Unidas em 1996, por meio da *Food and Agriculture Organization* (FAO) e Organização Mundial de Saúde (OMS).

A despeito de sua legitimação pelas Nações Unidas, o princípio da equivalência substancial não está isento de críticas. Alguns pesquisadores, como Millstone *et alii* (1999), sustentam que a equivalência substancial não seria capaz de revelar externalidades não previstas derivadas da recombinação/modificação genética em casos nos quais a introdução de um ou mais genes implique a manifestação de toxinas, anti-nutrientes ou mesmo agentes alergênicos previamente desconhecidos.

Este argumento foi parcialmente absorvido pelas agências que haviam legitimado este princípio. Conforme aponta a Royal Society (2002), a FAO e a OMS assumiram que a equivalência substancial não deve ser compreendida como última instância na determinação da segurança alimentar e ambiental de um produto ou ingrediente geneticamente modificado, mas sim como um procedimento complementar a análises nutricionais, toxicológicas e de alergenicidade, até que se possa garantir a sanidade do ingrediente ou produto.

Concomitantes aos princípios da precaução e de equivalência substantiva, podem ser mencionadas ainda a Convenção de Diversidade Biológica e o Protocolo de Cartagena como *loci* importantes na determinação e tentativa de homogeneização de práticas e procedimentos universais de biossegurança.

A CDB foi adotada em 1992, por ocasião da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, e entrou em vigência em dezembro de 1993, ratificada hoje por 188 países. Esta tem como objetivos a conservação da diversidade biológica, utilização sustentável dos recursos e divisão equitativa dos benefícios que derivam da utilização dos recursos genéticos por meio de um acesso adequado a estes recursos e transferência de tecnologias pertinentes, dentre as quais se incluem as biotecnologias. Contudo, não se trata de um

acordo normativo porque não estipula padrões mínimos a serem implementados, facultando aos países a determinação dos mecanismos de regulação e conservação.

Um aspecto que deve ser destacado diz respeito ao reconhecimento de que os Estados têm o direito soberano de explorar seus próprios recursos e a obrigação de assegurar que as atividades desenvolvidas sob sua jurisdição não prejudiquem terceiros. Dito de outra forma, reconhece-se o princípio de soberania nacional sobre recursos biológicos, genéticos e conhecimentos tradicionais. Cumpre mencionar que até então estes recursos eram considerados “patrimônio da humanidade” e, desta feita, constituíam-se bens públicos, de livre acesso e utilização.

Conforme apontam Carvalho (2003), este aspecto constitui um dos elementos de maior contestação na CDB. A evolução da biotecnologia tem conduzido a novos regimes de apropriação e revisão dos sistemas de direitos de propriedade intelectual, de forma a instituir mecanismos de proteção não apenas sobre biotecnologias, mas também organismos vivos e suas informações genéticas e conhecimentos tradicionais. O Acordo de Direitos de Propriedade Intelectual relacionados ao Comércio (ADPICs ou TRIPs, em inglês) impôs um modelo de DPI mais restritivo aos países constituintes da Organização Mundial do Comércio (OMC), no qual os países-membro deveriam adotar legislações específicas – como patentes ou sistemas similares à União Internacional para Proteção das Obtenções Vegetais (UPOV) – para estender a propriedade intelectual a recursos genéticos e processos biotecnológicos.

A controvérsia decorre da constatação de que países mais desenvolvidos impõem resistências em aceitar a soberania mencionada na CDB, alegando que a biodiversidade *per se* não pode ser advogada por um único país e também não é passível de aquisição de direitos de propriedade intelectual, ao passo que os países menos desenvolvidos, que contam com a maior parcela de biodiversidade existente, destacam que o patrimônio genético é geralmente decorrência de centenas de anos de cuidados e conhecimentos de comunidades tradicionais. Não há, até o presente momento, uma posição de consenso a este respeito, o que ajuda a compreender porque um conjunto de países, dentre os quais se inclui os Estados Unidos, tenha se recusado a ratificar esta convenção.

Por sua vez, o Protocolo de Cartagena é derivado da CDB, e sua implementação se deu a partir de 2000. De acordo com Wilkinson (2002), este protocolo versaria, inicialmente, sobre

todos os procedimentos de transferência, manejo e uso de OGMs que pudessem ter efeitos adversos na conservação e utilização sustentável da biodiversidade. No entanto, o protocolo findou por se restringir aos movimentos transfronteiriços de produtos transgênicos, em virtude da dificuldade encontrada nas negociações a fim de se chegar a um compromisso internacional a seu respeito.

Com efeito, Larach (2001) e Chasek (2001) destacam que os debates que antecederam a conclusão deste acordo foram marcados por uma intensa polarização. Os principais arranjos de negociação foram o Grupo de Miami, integrado por Estados Unidos, Canadá, Austrália, Argentina, Uruguai e Chile; o grupo de países da União Européia; o grupo de Avenecia, composto por países ricos ou com altos níveis de biodiversidade, como Suíça, Noruega, Nova Zelândia, México, Japão e Coréia do Sul; um grupo liderado por China e Brasil, que agregava a maior parte dos países em desenvolvimento de África, Ásia, América Latina e Caribe e, finalmente, um grupo composto por Europa Central e Oriental.

O debate se concentrou nos embates entre o Grupo de Miami e os países da União Européia, que compreendiam os alimentos transgênicos de forma bastante distinta e antagônica. Junto a isto, não se chegou a um consenso a respeito de formas de avaliação de riscos no manejo, uso e transporte de produtos transgênicos e suas implicações socioeconômicas, a rotulagem destes alimentos e sua relação com outros acordos internacionais, em particular os acordos de Medidas Sanitárias e Fitossanitárias e o de Barreiras Técnicas ao Comércio da Organização Mundial do Comércio.

Independentemente do caráter inconclusivo e dissenso que pontuou a maioria destes debates, os mesmos foram profícuos na demarcação dos principais campos de análise da biossegurança, com prevalência da segurança alimentar, ambiental e socioeconômica. Os itens a seguir apresentam de forma breve os principais pressupostos que compõem cada uma destas categorias.

Segurança Alimentar

De acordo com Wilkinson (2002), é possível identificar quatro núcleos centrais de políticas e ações envolvendo o conceito de segurança alimentar, quais sejam: a) garantia da produção e da oferta agrícola, relacionada ao problema da escassez da produção e oferta de

produtos agroalimentares; b) garantia do direito de acesso aos alimentos, relacionado à distribuição desigual de alimentos nas economias de mercado; c) garantia de qualidade sanitária e nutricional dos alimentos, que remete a problemas de baixa qualidade nutricional e contaminação dos alimentos consumidos pela população e d) garantia de conservação e controle da base genética do sistema agroalimentar. Os dois primeiros eixos corresponderiam a questões de *food security*, enquanto os demais se relacionariam à *food safety*, aspecto que será aqui abordado.

A este respeito, as preocupações mais relevantes se relacionam à estabilidade e externalidades não-intencionais advindas do cruzamento e/ou inserção de material genético exógeno em distintos organismos, ao risco de que alimentos ou ingredientes geneticamente modificados atuem como elementos alergênicos ou toxinas e à alteração do metabolismo de plantas, animais ou seres humanos (Belém *et alii*, 2001).

A causa destes temores decorre do fato de que a tecnologia de DNA recombinante soergueu-se a partir da utilização de genes de resistência a agrotóxicos e antibióticos como marcadores seletivos no processo de modificação genética. Tal fato suscitaria dúvidas no que concerne à possibilidade de alastramento do uso destes genes e efeitos não-intencionais. Especula-se se a modificação do proteoma e metaboloma de um organismo não poderia implicar o aumento da resistência a patógenos que provocam enfermidades em seres humanos, por exemplo (Paterniani, 2001; Valois, 2001; Zancan, 2001).

No que concerne a medidas de controle e fiscalização de alimentos geneticamente modificados, um dos instrumentos crescentemente adotados diz respeito a sistemas de rotulagem que permitam a rastreabilidade (*traceability*) e diferenciação de alimentos em relação a naturezas distintas, como produtos transgênicos, convencionais e orgânicos. As técnicas de rastreabilidade permitem registrar o caminho de um produto por todos os estágios do processo produtivo até a distribuição final, abarcando a produção agrícola, a identificação e o movimento de estoques, processos de exportação e importação, etapas relacionadas à manufatura e distribuição e o fornecimento e venda ao consumidor final.

Entretanto, conforme apontam Pessanha & Wilkinson (2003), esta possibilidade de escolha não está garantida no atual estágio de organização e coordenação do sistema agroalimentar, por que se exige novas regras para que se concertem programas de rotulagem.

Para que isto seja possível, devem ser equacionados entraves de ordem tecnológica, agronômica, logística, econômica, institucional e política, cuja resolução implica aumento de atividades e custos a ser adicionado aos sistemas produtivos.²⁹

Iniciativas desta natureza já estão sendo realizadas em muitos países em programas de natureza voluntária ou mandatária. De acordo com Wilkinson (2002), é possível identificar dois modelos básicos para a segmentação de produtos alimentares e seus atributos, quais sejam, a segregação e a preservação da identidade.

A segregação consiste em um sistema de manejo que permite que um grão ou lote de alimentos seja separado e diferenciado de outro. Suas técnicas são relativamente elementares porque não exigem rastreabilidade ao longo da cadeia alimentar, implicando menor grau de precisão. Por seu turno, a preservação da identidade corresponde a um sistema mais complexo do que a segregação porque envolve o manejo e comercialização de grãos em termos tais que a fonte e natureza dos materiais é detalhadamente diferenciada, permitindo que um grão seja monitorado ao longo de toda a cadeia alimentar, garantindo a manutenção de certos traços ou qualidades específicas e desejadas. Em geral, assume-se que programas de preservação da identidade são alternativas melhores e mais críveis para atender exigências dos consumidores e requisitos regulatórios, muito embora incida maiores custos a produtores, fornecedores e, por conseguinte, aos consumidores.

Segurança Ambiental e Socioeconômica

No que diz respeito à segurança ambiental, a perda ou redução da biodiversidade é apontada como aspecto de maior risco em decorrência de fenômenos como o cruzamento (*outcrossing*) entre variedades engenheiradas e convencionais e a aplicação de defensivos. Por sua vez, a segurança socioeconômica se refere ao poder de barganha e monopólio que as empresas produtoras de sementes e insumos poderão obter com a expansão de cultivos geneticamente modificados.

Em relação ao *outcrossing*, um estudo realizado por Mellon & Rissler (2004) em cultivos de milho, soja e algodão nos Estados Unidos indicou a presença de seqüências de proteínas

29 Fatores a serem considerados incluem a definição de níveis de pureza ou tolerância de contaminação nas legislações que regulam a rotulagem, análise da propensão a pagar dos mercados e estabelecimento de normas mais harmônicas de segurança alimentar de modo a facilitar transações no comércio internacional.

geneticamente modificadas em variedades e sementes nativas. Este fenômeno, que tem sido reportado em outros estudos, como em Zancan (2001) e IFPRI (2004), aponta para um vasto espectro de inquietações, que fomentariam um cenário “apocalíptico” para o desenvolvimento agrícola, com a) a possibilidade de reprodução de variedades cujos atributos não-intencionais tragam dificuldades para seu controle futuro; b) efeitos do consumo destes grãos pela população, c) difusão destas sementes e variedades para outras regiões, por meios naturais de polinização ou comercialização, implicando efeitos desconhecidos sobre a fauna e flora locais; d) dificuldades em rastreabilidade (*traceability*) de organismos transgênicos; e) incerteza institucional acerca de direitos de propriedade intelectual no que concerne a produtores rurais que não tenham adquirido sementes melhoradas, mas teve sua área de cultivo afetada por tais cruzamentos.

A possível redução de biodiversidade é também apontada como um dos fatores negativos do *outcrossing*. Mellon & Rissler (2004) destacam que em virtude das variedades transgênicas deterem genes que lhe conferem maior resistência e tolerância, estas podem prevalecer sobre as convencionais em processos de competição e seleção natural. Isto poderia implicar a gradual proscrição das variedades convencionais, implicando perdas em biodiversidade.

Além dos efeitos vinculados ao cruzamento acima referido, questiona-se também o impacto da ação de herbicidas. Ainda que as aplicações de defensivos se dêem usualmente em menor quantidade do que em cultivos tradicionais, a maior severidade das mesmas, aliado a seu caráter não seletivo, implica na eliminação não apenas de pragas, mas também de plantas, microorganismos e insetos que poderiam inclusive contribuir para o manejo biológico destas pragas. Teme-se também que aqueles que resistirem às aplicações de pesticidas possam se converter em superpragas, que poderiam ser tanto insetos como ervas daninhas, exigindo maior incidência de aplicações e prejudicando de forma mais aguda o ambiente.

Em relação a externalidades socioeconômicas, identifica-se inquietude quanto ao poder de barganha das empresas que atuam no setor de variedades transgênicas, devido a uma estrutura altamente oligopolizada deste mercado. De fato, conforme apontam Parayil (2003) e Araújo (2001), no período que se convencionou chamar Revolução Verde a tecnologia era desenvolvida, adaptada e difundida por universidades e institutos públicos de pesquisa, o que facilitava o acesso a seus produtos por pequenos e grandes produtores. Verificava-se ainda uma preocupação destes

atores no que diz respeito a criar condições para viabilizar a utilização de pacotes tecnológicos mesmo por pequenos produtores, refletindo a importância e impactos sociais de tal ação.

Na conjuntura atual, entretanto, o desenvolvimento tecnológico está concentrado em empresas privadas, podendo induzir a efeitos sociais temerários. Persistem dúvidas se estas teriam interesse em desenvolver produtos e pacotes específicos a pequenos produtores, concentrando-se o foco de suas operações a grandes produtores, que reúnem condições técnicas e financeiras de incorporar novas tecnologias. É importante destacar, contudo, que mesmo que houvesse desinteresse destas empresas em disponibilizar produtos e pacotes a pequenos produtores, isto não necessariamente implicaria sua exclusão no segmento agrícola.

Outra crítica às empresas decorre da introdução das chamadas tecnologias genéticas de uso restrito (GURTS) em suas variedades, com vistas a reforçar seus níveis de apropriabilidade. Dentre estas, Guerrante *et alii* (2003) destacam a tecnologia *terminator*, que permite a introdução de genes capazes de tornar estéreis gerações posteriores de sementes, criando uma dependência perene por novos insumos provenientes das empresas e a tecnologia *traitor*, que consiste em alterar geneticamente uma planta para que a expressão de determinadas proteínas esteja condicionada à aplicação de uma substância capaz de ativar ou desativar características específicas da planta.

Junto a esta tendência, mostra-se igualmente pertinente a preocupação de que as empresas aumentem seu poder de mercado constituindo pacotes tecnológicos e, com isto, elevarem a dependência dos produtores, visto que muitas destas atrelam o uso de sementes a determinados herbicidas, caso da Monsanto e a soja *Round up Ready*, que demanda a utilização do glifosato, principal herbicida desenvolvido pela companhia (Shaper & Parada, 2001).

Segurança em Clonagem e Biologia Celular

Contrariamente ao que se observa no caso das agrobiotecnologias, as ações de biossegurança relacionadas à biologia celular estão menos relacionadas a seus impactos e conseqüências, e mais a suas implicações éticas e morais. É possível atribuir este fato à própria natureza da investigação e pesquisa em biologia celular, cujos testes e experimentações se realizam predominantemente em ambiente laboratorial e em regimes fortemente controlados, o que minimiza os riscos de contágio e infestação ao restante da população.

Desta forma, o debate tem se concentrado na suposta legitimidade de o homem manipular o código genético e almejar a uma passagem da condição de “*Criatura*” para “*Criador*”, remetendo novamente ao debate relativo à clonagem. Embora haja menos resistência ao viés terapêutico do que ao reprodutivo, sabe-se que os princípios básicos da técnica de clonagem se prestam a ambas as finalidades, por que vários países tem adotados medidas restritivas a este respeito, como Estados Unidos e Japão.

É importante destacar que a terapia celular, conquanto persistam entraves e dificuldades técnicas para sua consolidação, tem apresentado sucessos e enfrenta menor contestação quando realizada a partir de células-tronco adultas. No entanto, conforme discutido anteriormente, estes produtos são menos eficientes do que células-tronco embrionárias (CTE).

Aponta-se o uso de embriões não utilizados em clínicas de fertilização como a principal fonte de material para obtenção de CTEs. É conveniente ressaltar que por razões técnicas e de segurança e precaução, os embriões que se encontram congelados por um período superior a três anos não podem ser utilizados em técnicas de fertilização e, portanto, são necessariamente descartados. Com base nisto, alega-se que sua utilização como fonte de obtenção de CTE não constituiria algo moralmente condenável, e sua utilização poderia representar perspectivas de cura ou melhoria do estado clínico para milhões de pessoas. De acordo com Mitalipova *et alii*, (2003), este argumento se tornou ainda mais defensável mediante a constatação de que mesmo células obtidas de embriões mal formados mantêm a capacidade de gerar linhagens de células-tronco embrionárias e, assim, compor novos tecidos.

Outro elemento que tem suscitado controvérsias no debate a respeito do uso de embriões se refere à definição do momento em que começa a vida humana, se no encontro do óvulo e do espermatozóide ou se em algum momento posterior. Nesta linha, foi proposto o conceito de pré-embrião, que seria uma forma de relativizar a afirmação de que a clonagem terapêutica e terapia celular se realizariam às custas do sacrifício de vidas inocentes. Zatz (2004) argumenta que o pré-embrião corresponderia ao estágio em que as células ainda não atingiram o estado de blastocisto, que compreende os cinco primeiros dias que sucedem a fecundação. Nesta fase, o blastocisto ainda não se fixou à cavidade uterina, condição *sine qua non* para a formação de uma nova vida. De acordo com esta perspectiva, a terminologia *embrião* seria restringida aos casos em que o blastocisto já se encontrasse nidado no endométrio materno.

Constata-se a partir destes argumentos a continuidade de um quadro de incerteza, tensões e controvérsias no que concerne ao desenvolvimento da biotecnologia e suas vinculações a práticas de biossegurança. Tal fenômeno implica ações e a conformação de ambientes institucionais bastante distintos entre os países, aspectos mencionados no próximo item.

A Conjuntura Internacional em Biossegurança

Apesar de se observar uma evolução na área plantada com variedades transgênicas, é ainda restrito o número de países que as cultivam. Isto pode ser atribuído não apenas às controvérsias decorrentes de sua segurança à saúde e meio ambiente, mas também por seus possíveis impactos sobre as exportações agrícolas e o acesso a mercados internacionais.

O panorama experimentado por países como Estados Unidos, Canadá e Argentina é bastante ilustrativo. Estes investiram de forma incisiva no cultivo de transgênicos, acreditando que a legitimação do princípio da equivalência substancial pela FAO e OMS reduziria o ceticismo acerca destes produtos e lhes proveria condições satisfatórias de participação no mercado mundial de *commodities*. Isto não se confirmou, ocasionando dificuldades de inserção e deseconomias de escala em um segmento em que, dado o curto ciclo de vida dos produtos e altos custos de P&D, as economias de escala se mostram importantes.

Este contexto acarreta um delicado *trade off* aos países em desenvolvimento, cuja exportação de produtos primários e agrícolas é componente capital de sua balança comercial. Muitos destes permitem o cultivo e comercialização para consumo interno ou mesmo nutrição animal, e a relutância a estes produtos poderia prejudicar suas exportações, motivadas pelo receio de contaminação (Vara, 2004; Teubal, 2004).³⁰

A conjuntura internacional referente à biotecnologia e medidas de biossegurança se encontra bipolarizada em núcleos distintos, capitaneados por Estados Unidos e União Européia que sustentam, respectivamente, a adoção dos princípios de equivalência substancial e da precaução. Enquanto os primeiros denotam uma postura mais benevolente e flexível em relação a produtos geneticamente modificados, o segundo grupo – fortalecido pela maioria dos países

30 De fato, Zarrili (2000) destaca que este temor fez que mesmos países africanos notoriamente pobres, caso de Zâmbia, Uganda e Zimbábue, recusassem ofertas de assistência internacional para o combate à

asiáticos, à exceção de China, Filipinas, Índia e Indonésia – lança mão de um viés mais conservador e reticente, assumindo uma perspectiva de “risco zero” para o meio ambiente e sociedade.

Não obstante a preocupação com critérios de segurança e sanidade, este debate está imiscuído em uma disputa intensa por interesses econômicos, comerciais e técnicos. Os Estados Unidos são o país que mais investiram no desenvolvimento de tecnologias de DNA recombinante e os transgênicos são uma das perspectivas mais lucrativas desta aplicação ao segmento agrícola. Por seu turno, a União Européia apenas começa a investigar os processos e técnicas envolvidas no desenvolvimento de alimentos geneticamente modificados, em um quadro ainda bastante restritivo e contando com grande controvérsia no ambiente científico, político e sociedade civil. No que diz respeito ao âmbito institucional, podem-se identificar ações de caráter nacional, bilateral e multilateral que visam uma posição mais harmoniosa e convergente. Tais ações se referem à gestação e aprimoramento de marcos regulatórios e programas de rotulagem de alimentos.

O marco regulatório norte-americano se caracteriza pela criação do *Coordinated Framework for Biotechnology* (CFB), que é composto por agências vinculadas ao segmento agrícola (USDA), alimentos e fármacos (FDA) e preservação ambiental (EPA). Constata-se aqui uma trajetória de continuidade, visto que não foram criadas instituições voltadas especificamente à regulação de produtos e serviços derivados de tecnologia de DNA recombinante. Soergue-se neste caso a aceção de que os produtos decorrentes de engenharia genética não demandam princípios adicionais de segurança, eficácia e impactos socioeconômicos e ambientais àqueles dispensados a produtos convencionais (PEW, 2004).

Em relação à rotulagem, uma vez que os Estados Unidos adotam o princípio da equivalência substancial, esta é exigida apenas em casos nos quais os produtos geneticamente modificados sejam considerados substancialmente equivalentes de seus análogos convencionais ou mesmo de sua não-existência (Oda & Soares, 2001; 2000). No entanto, é conveniente mencionar que a despeito da oposição manifestada em relação a regulamentações mais restritivas em foros internacionais e negociações bilaterais, tem-se verificado nos Estados Unidos uma

fome por meio da doação de milho geneticamente modificado, em função de sua vocação na exportação

tendência de segregação da produção de *commodities* em *traders* e empresas de processamento, como medida defensiva ante marcos regulatórios erigidos em outros países, como Japão e Coréia.

A União Européia determinou em meados da década passada uma *moratória* na autorização de novos pedidos para entrada de OGMs e atualmente exige que todos os alimentos que contenham quaisquer modificações genéticas sejam rotulados, independentemente de sua equivalência substantiva. De acordo com Craddock (2004), o rigor verificado nesta região é fruto, além de interesses comerciais e econômicos, de uma sucessão de crises no segmento de saúde e alimentar que se interpuseram ao continente europeu ao longo das últimas décadas, como a salmonela em ovos, listeria em alimentos resfriados e congelados, talidomina, dioxinas e, mais recentemente, a *bovine spongiform encephalopathy* (BSE), conhecida no Brasil como “mal da vaca louca”.

A partir de abril de 2004, a entrada de organismos geneticamente modificados na União Européia passou a ser norteadada basicamente pela Diretiva nº 1829/2003, Diretiva nº 1830/2003 e a Regulamentação nº 65/2004. A legislação incide a todos os alimentos e ingredientes em cuja composição exista presença de DNA recombinante, incluindo aqueles voltados à nutrição animal e de animais domésticos. De acordo com Clapp (2004) isto inclui cerca de 30 ingredientes ou derivados de milho e soja que estão presentes em aproximadamente 70% de todos os alimentos processados. Nestes termos, cria-se uma forte pressão a produtores que, em virtude da elevada resistência manifestada pelos cidadãos da União Européia,³¹ tendem a optar pela não utilização destes ingredientes, sob pena de serem obrigados a ostentar o rótulo que indica a presença de transgênicos na composição de seus produtos.

Por seu turno, a rotulagem se aplica a quaisquer tipos de alimentos, independentemente da possibilidade ou não de detecção de proteínas ou material genético recombinado, incluindo mesmo óleos e açúcares refinados. A inserção de DNA modificado é condição suficiente para a rotulagem. Os percentuais-limites de presença de OGMs, a partir dos quais torna-se obrigatória a

de produtos agrícolas ao continente europeu.

31 Com efeito, estudo realizado por Eurobarometer (2003) a respeito da aceitação da biotecnologia pelos cidadãos da União Européia indicou que sua rejeição por alimentos engenheirados permanece bastante elevada. O referido estudo fez indagações acerca de um conjunto de seis biotecnologias, das quais apenas os transgênicos foram considerados pouco úteis, moralmente inaceitáveis e demasiadamente arriscados, por que não se deveriam incentivar ou financiar novas pesquisas a este respeito.

rotulagem são bastante austeros, sendo 0,9% para produtos já aprovados e disponíveis no mercado europeu e de apenas 0,5% para produtos que receberam avaliação de riscos favorável do *Community Scientific Committee* (CSC) (Ramón, MacCabe & Gil, 2004).

A concepção de novos marcos regulatórios e instituição de programas de rotulagem verificados nos Estados Unidos e União Européia fomentou ações semelhantes em diversos outros países. Com efeito, estudo realizado por Phillips & McNeill (2000; *apud* Wilkinson, 2002) indicou a existência de tais práticas em 28 países em todos os demais continentes.

No que se refere a ações de biossegurança relacionadas ao campo da saúde, constata-se uma posição consensual no tocante à proibição de pesquisas e experiências envolvendo clonagem com fins reprodutivos. Quando se discute a clonagem para fins terapêuticos, no entanto, o quadro é mais difuso e heterogêneo.

A este respeito, observa-se a pressão de certos *stakeholders* para a liberação de pesquisas com CTE utilizando como fonte embriões descartados em clínicas de fertilidade. Tal idéia é corroborada por 63 academias nacionais de ciência que defendem esta idéia, incluindo os Estados Unidos, Canadá, Austrália, Japão, China, Coréia, Israel e também o Brasil, por intermédio da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) (Zatz, 2004).

A Conjuntura Nacional em Biossegurança

Os debates e tensões relacionados à adoção de práticas de biossegurança no Brasil se reportam, em grande medida, à conjuntura observada internacionalmente e à polarização observada entre os Estados Unidos e a União Européia, culminando em posições que oscilam entre uma postura mais flexível em relação à biologia molecular, tendo como base o princípio da equivalência substancial, sustentada por empresas produtoras de sementes e insumos e outros representantes do agronegócio, parcela da comunidade científica e alguns órgãos do aparelho estatal, bem como outro pólo, sustentado igualmente por representantes da comunidade científica e Governo, juntamente a grupos religiosos, movimentos ambientalistas e organizações não-governamentais – com destaque para o Instituto de Defesa do Consumidor (IDEC) e a Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa (AS-PTA) – que denotam uma atitude mais reticente a respeito de transgênicos e a utilização de determinadas técnicas de engenharia molecular. Em meio a esta conjuntura, uma das práticas atualmente mais discutidas diz respeito à

normalização de instrumentos vinculados à segregação e rotulagem de organismos geneticamente modificados.

Em termos mais genéricos, a instituição de um marco regulatório mais detalhado e pervasivo acerca da biossegurança data de meados da década passada, com a promulgação da Lei nº 8.974/1995, que estabeleceu normas de segurança e mecanismos de fiscalização para o uso de técnicas de engenharia genética na concepção, cultivo, manipulação, transporte, comercialização, consumo, liberação e descarte de OGMs. Esta mesma Lei instituiu a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), vinculada ao MCT, oficializada pela Medida Provisória nº 2.137/2000, e dotou-lhe de um conjunto de atribuições no tocante à análise e liberação de cultivos transgênicos.

As deliberações e decisões da CTNBio foram vistas com reservas por outros órgãos do aparelho estatal, com destaque para o Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). A principal argumentação destes órgãos se referia à suposta inconstitucionalidade de conceder à CTNBio a decisão em relação ao licenciamento e mesmo a possibilidade de dispensa de estudos de impacto ambiental em requerimentos para pesquisa e comercialização de OGM nos casos que a Comissão considerasse desnecessários.

Não obstante esta controvérsia, observou-se ainda um caráter demasiado intrincado e burocrático na tramitação de processos e tomada de decisão relativa à solicitação de autorização para pesquisas e comercialização de OGMs. Conforme aponta Amâncio (2004)³², tais ações presumem a consideração de um vasto conjunto de leis e diretrizes provenientes de múltiplos órgãos, implicando um marco regulatório vagaroso, com baixos graus de eficiência e dinâmica, que emerge obstáculos à realização de estudos e conseqüentemente ao avanço do conhecimento no campo da biotecnologia. Este caráter inconclusivo e incerto do marco regulatório nacional é ilustrado pelo arranjo concertado para viabilizar o plantio e comercialização de soja transgênica no país, que se deu por meio de Medidas Provisórias nas safras 2002/2003 (Lei nº 10.668/2003), 2003/2004 (Lei nº 10.814/2004) e 2004/2005 (Lei nº 11.092/2005).

32 Entrevista concedida ao Conselho de Informações sobre Biotecnologia (CIB). Disponível em <http://www.cib.org.br/entrevista.php?id=32>. Acesso em 14/04/2005.

Com vistas a dirimir tensões, dinamizar as pesquisas em biotecnologia no país e atenuar incertezas jurídicas e institucionais, o Governo Federal constituiu uma comissão composta por nove ministérios capitaneados pela Casa Civil, com a atribuição de formular uma nova proposta de Lei de Biossegurança, enviada ao Congresso Nacional em 2003, sob a forma do Projeto de Lei (PL) nº 2.401.

O PL nº 2.401, aprovado na Câmara dos Deputados, mostrou-se controverso pelo menos em dois aspectos, quais sejam, na atribuição a um conselho de ministros, que conformariam o Conselho Nacional de Biossegurança (CNBS), a decisão final sobre a comercialização de organismos geneticamente modificados, assim como a proibição de pesquisas envolvendo células-tronco embrionárias para fins terapêuticos.

O projeto aprovado na Câmara pretendia fortalecer o papel *técnico* da CTNBio, concedendo-lhe autonomia para decidir apenas a respeito da liberação de pedidos de pesquisas em caráter experimental, cabendo ao IBAMA o estabelecimento de critérios e solicitação de estudos de impacto ambiental para o licenciamento de atividades potencialmente poluidoras ou danosas ao meio ambiente. Nestes termos, em caso de parecer técnico conclusivo favorável à biossegurança de projetos de pesquisa de OGMs, a CTNBio o remeteria aos órgãos de autorização e fiscalização – MAPA, MMA, Ministério da Saúde e Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca. Em caso de parecer técnico conclusivo favorável à biossegurança no âmbito de processos envolvendo o uso comercial de produtos, a CTNBio remeteria cópia do parecer ao CNBS para que o mesmo deliberasse em função da liberação ou obstrução desta utilização.

Este arranjo foi exprobrado por aqueles que defendiam maior autonomia da CTNBio, sob a justificativa de que ainda que o projeto aprovado na Câmara tivesse conferido tratamento diferenciado à pesquisa, tornando mais flexíveis os requisitos necessários para a aprovação de projetos, transpôs-se os entraves legais para a etapa de comercialização, o que poderia travar a transferência de conhecimentos derivados de pesquisas científicas em aplicações comerciais para o agronegócio. Por seu turno, no que concerne à autorização para pesquisas envolvendo células-tronco embrionárias e clonagem terapêutica, o veto a tais estudos se deu em razão da mobilização da bancada evangélica presente na Câmara dos Deputados, acrescida por parlamentares vinculados à Igreja Católica e à Conferência Nacional dos Bispos do Brasil (CNBB), que ameaçaram a rejeição de todo o Projeto em caso de permissão de tais pesquisas.

As críticas e insatisfações advindas do marco regulatório previsto com base no PL 2.401 suscitaram alterações expressivas quando da apresentação do mesmo ao Senado, onde foi proposto o Documento Substitutivo nº 9/2004, aprovado em outubro de 2004. Em oposição ao PL 2.401, este substitutivo autoriza para fins de pesquisa e terapia a utilização de células tronco-embrionárias obtidas de embriões humanos produzidos por fertilização *in vitro* e não utilizados no respectivo procedimento, desde que sejam embriões inviáveis ou que estejam congelados há pelo menos três anos contados a partir de sua publicação. Foi mantida a proibição de práticas de clonagem seja para fins reprodutivos ou terapêuticos.

De forma análoga, manteve-se o CNBS, definindo-se uma estrutura composta por dez ministros³³ e vinculado à Presidência da República, com função de assessoramento para a formulação e implementação da Política Nacional de Biossegurança (PNB). Sua vinculação com a CTNBio se expressa na análise de aspectos de conveniência e oportunidade socioeconômica e interesse nacional dos pedidos de liberação para uso comercial de OGM e seus derivados, quando solicitada pela referida Comissão. De acordo com o documento do Senado, a CNBS teria prazo de até 30 dias, contados a partir da publicação da decisão técnica da CTNBio, para avocar o processo e mais 45 dias para suas deliberações, sendo considerada definitiva a decisão da CTNBio no caso de não cumprimento destes prazos, de forma a reduzir os entraves burocráticos envolvidos na liberação comercial de transgênicos. Esta medida, no entanto, foi suprimida quando da sanção presidencial ao projeto, o que pode implicar novamente um horizonte temporal mais dilatado para a tomada de decisão relativa ao cultivo e comercialização de transgênicos.

No que se refere à CTNBio, o órgão é definido como instância colegiada multidisciplinar de caráter consultivo e deliberativo, com vistas a prestar apoio técnico e de assessoramento ao Governo Federal na formulação, atualização e implementação da PNB de OGM e seus derivados, bem como estabelecimento de normas técnicas de segurança e de pareceres técnicos referentes à autorização para atividades que envolvam pesquisa e uso comercial de OGM e seus derivados.

33 Estes ministros são o Ministro de Estado Chefe da Casa Civil da Presidência da República, que o preside, juntamente ao Ministro da Ciência e Tecnologia, do Desenvolvimento Agrário, da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, da Justiça, da Saúde, do Meio Ambiente, do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, das Relações Exteriores, da Defesa e o Secretário Especial de Aquicultura e Pesca.

Para isto, o respectivo órgão passa a contar com 27 membros³⁴ divididos em subcomissões setoriais permanentes da área de saúde humana e animal, vegetal e ambiental, podendo ainda constituir subcomissões extraordinárias para casos específicos. Com vistas a minimizar polêmicas e controvérsias no âmbito das instituições, este substitutivo ainda confere natureza vinculada às decisões técnicas da CTNBio em aspectos de biossegurança no tocante aos demais órgãos e entidades da administração tanto em procedimentos de pesquisa como aplicação comercial.

Por sua vez, os órgãos de registro e fiscalização da administração – Ministério da Saúde, MAPA, MMA e Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca – têm como funções a inspeção das atividades de pesquisa e cultivos comerciais de transgênicos. Cabe ao Ministério da Saúde a emissão de autorizações e registros de produtos voltados ao consumo humano, farmacológico, domissanitário e áreas afins; ao MAPA compete emitir autorizações e registro de produtos e atividades com OGMs e seus derivados destinados ao uso animal, na agricultura, pecuária e agroindústria; ao MMA cabe a concessão de autorizações e registros e fiscalização de produtos e atividades quem envolvam OGMs e seus derivados em sua liberação nos ecossistemas naturais e o licenciamento de OGMs potencialmente causadores de degradação ao meio ambiente, quando assim deliberado pela CTNBio; Finalmente, compete à Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca a autorização e registro de produtos e atividades com OGMs e derivados destinados ao uso na pesca e aqüicultura.

É importante ressaltar que nesta versão da Lei compete à CTNBio, em última instância, a definição dos casos em que a atividade é potencial ou efetivamente causadora de degradação ambiental, bem como a decisão referente à exigência ou não de licenciamento ambiental. Existe, no entanto, espaço legal para que os órgãos supramencionados diverjam e questionem o parecer técnico efetuado pela Comissão – exclusivamente em caso de liberação comercial de transgênicos

34 A composição da CTNBio se dá pela presença de doze especialistas, sendo três da área de saúde humana; animal, vegetal e meio ambiente; um representante dos Ministérios da Ciência e Tecnologia; Agricultura, Pecuária e Abastecimento; Saúde; Meio Ambiente; Desenvolvimento Agrário; Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior; Defesa; Relações Exteriores; Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca, assim como especialistas indicados pelo Ministros da Justiça, Saúde, Meio Ambiente, Agricultura Pecuária e Abastecimento, Desenvolvimento Agrário e Ministério do Trabalho e Emprego.

– por que se faculta a possibilidade de apresentação de recurso ao CNBS recomendando a realização de novo parecer.

Esta proposta foi censurada por órgãos como o MMA e IBAMA, organizações ambientalistas e mesmo parlamentares ligados às Igrejas Católica, Evangélica e Confederação Nacional dos Bispos do Brasil (CNBB), dado o poder concedido à CTNBio em temas ligados a transgênicos e estudos envolvendo células-tronco. Não obstante tais críticas, o substitutivo do Senado foi aprovado na Câmara e sancionado pela presidência da República em março de 2005, dando origem à Lei nº 11.105/05, regulamentada em novembro de 2005.

Conclui-se este capítulo ressaltando que a biotecnologia, em decorrência de seu caráter fronteiriço, dinâmico e interdisciplinar, demanda na atualidade uma revisão e reestruturação de marcos regulatórios e do ambiente institucional que a permeia, com destaque para a revisão de princípios de propriedade intelectual e normas de biossegurança. A biossegurança emerge como elemento de destaque nesta nova conjuntura, conformando um cenário internacional incerto e controverso, no qual os países se alinham a prerrogativas inerentes ao princípio da precaução e princípio da equivalência substantiva. Em meio a este debate emergem ainda disputas comerciais bipolarizadas por Estados Unidos e União Européia, que se traduzem em programas e procedimentos bastante heterogêneos de segurança alimentar, rotulagem, rastreabilidade e legislação de acesso a mercados.

No caso brasileiro, a temática da biossegurança ainda se insere em um contexto de incerteza e controvérsia, relacionada sobretudo ao marco regulatório, instituições e atribuições que lhe são inerentes. A consequência mais estrutural deste quadro se refere a um baixo grau de investimento e empreendedorismo empresarial, a desarticulação de agentes e, em última instância, a baixa organicidade e efetividade do sistema nacional de inovação em biotecnologia.

A análise do referido sistema consiste o foco principal do próximo capítulo. Neste se pretende expor a conjuntura e evolução do mesmo, seus avanços e principais gargalos, com vistas a identificar as principais incertezas que irão compor a matriz de cenários proposta no último capítulo deste trabalho.

3º Capítulo – Padrões de Organização e Sistemas de Inovação em Biotecnologia

O presente capítulo expõe elementos relativos à dinâmica e padrões de organização da biotecnologia em um conjunto de países e regiões, e apresenta a conjuntura do sistema nacional de inovação em biotecnologia no Brasil (SNIB). Almeja-se com isto identificar homologias quanto à articulação de políticas e do ambiente institucional, bem como apreender ações que possam ser internalizadas, visando a evolução do contexto brasileiro. Esta investigação se faz com base nas categorias analíticas apresentadas no primeiro capítulo deste trabalho para a análise de sistemas de inovação, quais sejam: padrões de financiamento; papel de instituições de pesquisa e ensino; empresas; marco legal e regulatório e políticas públicas.

De modo a propiciar uma exposição mais ordenada, o capítulo foi dividido em quatro seções, além desta introdução. A primeira seção assinala o panorama contemporâneo e a dinâmica da biotecnologia em regiões industrializadas, apontando elementos que servem de substrato para a formulação de políticas específicas de desenvolvimento. A segunda seção ilustra, de forma não exaustiva, alguns padrões de organização da biotecnologia em países com elevado desenvolvimento neste campo – tais como Estados Unidos, Japão, Coréia do Sul e outros- assim como perspectivas regionais, manifestadas pela União Européia. A terceira e quarta seções focalizam mais detalhadamente o sistema nacional de inovação no Brasil, delimitando-o historicamente e expondo sua conjuntura contemporânea, identificando áreas-chave e gargalos para seu avanço e fortalecimento.

3.1 Panorama e Dinâmica da Biotecnologia em Regiões Industrializadas

A natureza interdisciplinar que perpassa a biotecnologia, assim como sua imbricação ao conhecimento científico fronteiro, são fatores que têm estimulado a formação de arranjos cooperativos de pesquisa, tais como redes, *clusters* e sistemas locais de inovação. A orquestração destes arranjos permite o equacionamento de um conjunto de demandas necessárias ao desenvolvimento da biotecnologia, tais como recursos humanos qualificados, acesso facilitado a máquinas, equipamentos e ativos dedicados, compartilhamento de ativos tangíveis e intangíveis, disponibilidade de recursos financeiros (*seed money* e capital de risco), bem como uma

articulação mais consistente entre universidades, empresas, institutos de pesquisa, agentes financeiros e institucionais, dentre outros.

A ocorrência destes fenômenos em vários países e regiões tem contribuído para a dinamização e crescimento deste campo, conforme expresso pelo Quadro 3.1, que destaca indicadores referentes a seu desenvolvimento entre os anos de 1998 e 2003.

Quadro 3.1 – Evolução da Biotecnologia entre 1998 e 2003 nos Estados Unidos, Canadá e Ásia e União Européia

	1998				2003				Taxa de Crescimento (%)			
	Estados Unidos	União Européia	Canadá	Ásia	Estados Unidos	União Européia	Canadá	Ásia	Estados Unidos	União Européia	Canadá	Ásia
Receita (US\$ milhão)	16.647	875	500	ND*	35.854	7.465	1.729	1.505	115	754	246	-
Investimento em P&D (US\$ milhão)	6.737	646	191	ND	13.567	4.233	620	217	101	556	224	-
Empresas de Capital Aberto	316	68	62	ND	314	96	81	120	(-1)	41	31	-
Empresas Privadas	995	1110	100	ND	1159	1.765	389	547	16	59	289	-
Total de Empresas	1311	1178	162	ND	1473	1.861	470	667	12	58	190	-

ND: Não disponível

Fonte: Ernest & Young (2004)

Não obstante as dificuldades metodológicas de se analisar de forma agregada países e regiões, como Ásia e União Européia, as informações contidas no Quadro 3.1 revelam uma sensível elevação da receita derivada da biotecnologia, com destaque para a União Européia, cujo crescimento percentual foi de 754% no intervalo de cinco anos. Também os investimentos em P&D se elevaram de forma expressiva, com percentuais de 101%, 556% e 224% para os Estados Unidos, União Européia e Canadá, respectivamente. De acordo com Tunon (2003), isto ilustra não apenas uma expectativa favorável quanto às perspectivas da biotecnologia, mas também uma tentativa, sobretudo da União Européia, em reduzir os hiatos técnicos, competitivos e econômicos que distinguem a dinâmica da biotecnologia nos Estados Unidos.

No que concerne às empresas, o Quadro 3.1 revela ainda que o número de empreendimentos não se alterou substancialmente nos Estados Unidos, o que pode ser atribuído a sua primazia no aproveitamento de possibilidades comerciais advindas da biotecnologia, que ocasionou um crescimento mais vertiginoso do número de empresas em períodos anteriores. Ademais, a ocorrência de um robusto processo de fusões e aquisições, se não elevaram quantitativamente o número de empreendimentos, culminaram em firmas mais sólidas e de porte mais elevado do que as companhias de outros países, em que a aplicação comercial da biotecnologia constitui fenômeno mais recente e o crescimento do número de empresas tende a se manifestar de modo mais vigoroso. Ainda que não se disponham de dados relativos aos países asiáticos no ano de 1998, seu desempenho verificado em 2003 reflete tendência similar aos países da União Européia e Canadá. A receita da biotecnologia estimada nesta região alcançou a cifra de

US\$ 1.505 milhão e os investimentos foram da ordem de US\$ 217 milhões, despendidos por um total de 667 empresas, das quais 120 eram de natureza pública e as 547 restantes pertenciam ao setor privado (Ernest & Young, 2004).

A partir destas informações disponíveis no Quadro 3.1 é apresentada a Figura 3.1, que aponta dados comparativos entre estes países/regiões no ano de 2003 com base no número de empresas, investimentos e receita advinda da biotecnologia.

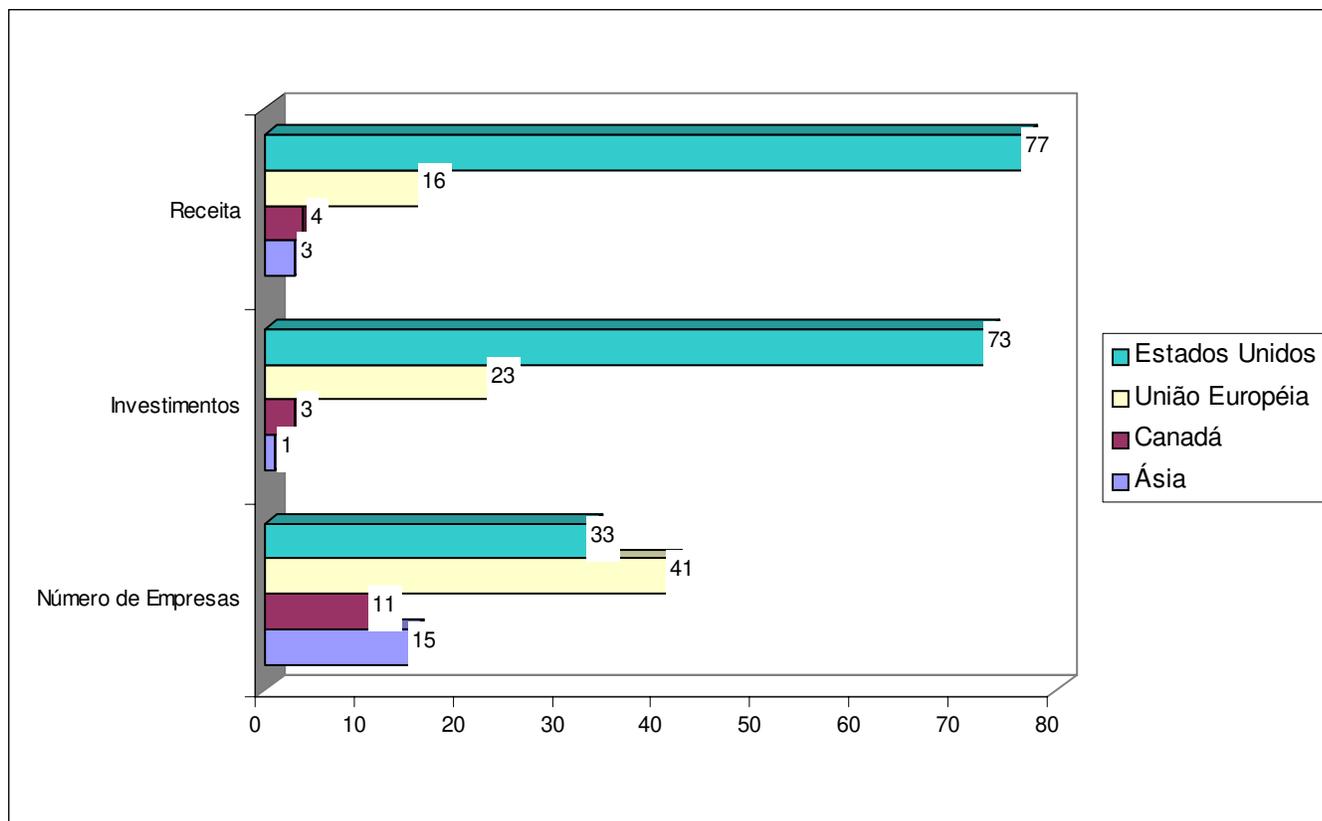


Figura 3.1 – Participação Percentual em Receita, Investimentos e Número de Empresas de Biotecnologia em 2003

Fonte: Ernest & Young (2004)

De acordo com a Figura 3.1, observa-se predomínio dos Estados Unidos na geração de receitas a partir da biotecnologia, respondendo por 77% do montante global. A União Européia agrega 16% desta e Canadá e Ásia aditam por 4% e 3%, respectivamente. Quando confrontados com dados sobre investimentos, nota-se uma situação peculiar. Apesar de ser o maior investidor em biotecnologia, o percentual de investimento em P&D norte-americano é inferior ao de sua receita (73% e 77%). Esta situação se repete nos casos de Ásia e Canadá (3% e 1%) e (4% e 3%) respectivamente. O contraponto é observado na União Européia, que responde por 23% dos investimentos globais mas retém apenas 16% das receitas da biotecnologia.

Com efeito, a análise do número de empresas torna este fenômeno mais característico. A União Européia concentra o maior número de empresas – com destaque para Alemanha, Grã-Bretanha e França, com 41% do total, seguido por Estados Unidos (33%), Ásia (15%) e Canadá (11%). Constata-se pois que a União Européia se insere em um contexto atípico, no qual detém o

maior número de empresas e a segunda maior taxa de investimento, mas suas receitas (16%) se mostram aquém do que sugeririam tais indicadores.

Dentre as possíveis justificativas para este fenômeno, aponta-se a tendência de concentração de investimentos no desenvolvimento científico, em detrimento do tecnológico (Bonacelli & Salles-Filho, 1996). Junto a isto, Szaro (2004) destaca as limitações técnicas e gerenciais de muitas empresas que surgiram nos países europeus ao longo da última década, comprometendo suas perspectivas de realização de lucros. Além disso, é razoável supor que o número de empresas não é o único – e nem necessariamente o principal – determinante na composição do investimento ou na receita derivada da biotecnologia. Os Estados Unidos concentram 77% da receita e 73% dos investimentos em P&D, enquanto possui 33% das empresas de biotecnologia. A União Européia, por sua vez, agrupa o maior número de empresas (41% do total), mas responde por 16% da receita e 23% dos investimentos. O Canadá tem 11% das empresas, enquanto sua receita e investimento são respectivamente de 4% e 3% do total. Finalmente, a Ásia conta com 15% das empresas, mas sua receita e investimentos são da ordem de 3% e 1% dos percentuais globais.

Nestas condições, sugere-se que outras variáveis – como o perfil e porte das empresas, setores de atuação, trajetórias tecnológicas, curvas de aprendizagem e o ambiente institucional – são variáveis igualmente relevantes na consignação do dinamismo e crescimento econômico do campo da biotecnologia. Em razão da própria dinâmica da biotecnologia, a capacidade de empresas em se inserirem em alianças estratégicas ou redes e consórcios internacionais de P&D é fundamento importante na determinação de seu grau de competitividade. A Figura 3.2 ilustra as alianças internacionais realizadas entre empresas de biotecnologia no ano de 2003.

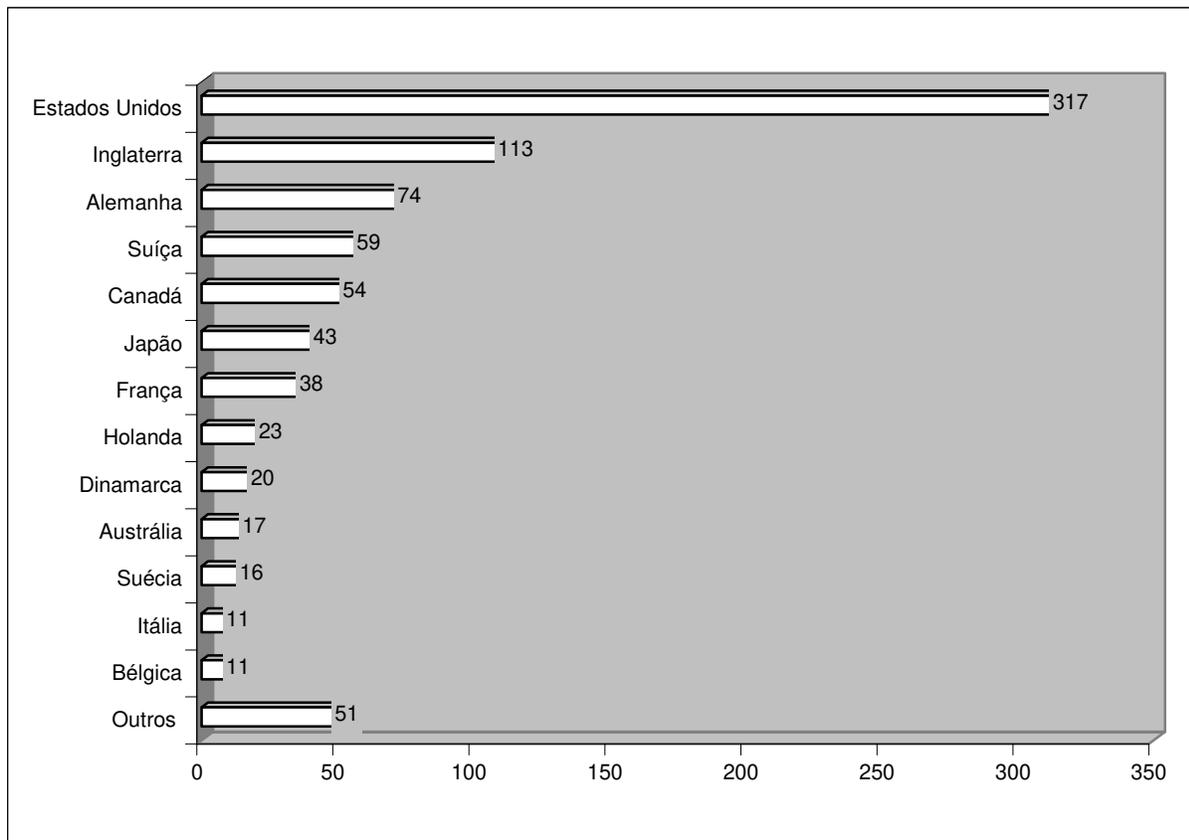


Figura 3.2 – Alianças Internacionais entre Empresas de Biotecnologia em 2003

Fonte: Ernest & Young (2004)

A Figura 3.2 denota novamente a proeminência dos Estados Unidos na conjuntura mundial da biotecnologia e evidencia a excelência das empresas norte-americanas, que se convertem em consortes desejáveis no empreendimento de alianças cooperativas, arranjos, redes e joint ventures. Cumpre frisar que a hegemonia norte-americana é ainda mais ampla do que o sugerido pela Figura, em decorrência do fato que uma mesma aliança, quando realizada por dois ou mais países, é contabilizado por todos eles, ocasionando um problema de múltipla contagem. A este respeito, Ernest & Young (2004) destacam que o total de alianças efetivamente concertadas em 2003 totalizam 421, das quais 317 contaram com ao menos uma empresa norte-americana, elevando sua participação para 75% de todos os arranjos celebrados naquele ano.

Uma vez apresentadas considerações genéricas acerca da dinâmica e panorama da biotecnologia, procede-se a uma breve exposição dos padrões de organização da biotecnologia

em distintos países e regiões, de modo a evidenciar determinados *insights* de seus sistemas de inovação neste campo.³⁵

3.2 Características Gerais e Padrões Nacionais da Organização da Biotecnologia

Esta seção está organizada em três itens, que focam padrões de organização da biotecnologia nos Estados Unidos, União Européia e na região da Ásia e Pacífico. Conforme será visto, identificam-se homologias quanto à diversificação de fontes de financiamento, o papel do setor público e instituições de pesquisa e ensino, o estímulo à cooperação entre universidades e empresas e outros aspectos. Tais homologias consistem, de certo modo, em tentativa de reprodução do ambiente competitivo e institucional norte-americano, dada sua proeminência neste campo.

Estados Unidos

Os Estados Unidos foi pioneiro no aproveitamento de oportunidades econômicas advindas da biotecnologia, e determinados traços de seu sistema de inovação constituem referência para a formulação de políticas em praticamente todos os demais países. A imbricação da biotecnologia ao conhecimento científico de fronteira desenvolvido sobretudo em universidades, juntamente a um ambiente institucional e cultural mais favorável ao empreendedorismo, conformou neste país a emergência de pequenas firmas especializadas em biotecnologia, usualmente derivadas de *spin offs* provenientes de universidades ou mesmo *spin outs* verificados em empresas de setores e indústrias mais tradicionais, como a farmacêutica, a química e a indústria de alimentos (Huttner *et alii*, 1995).

O desenvolvimento destas se deu com maior vigor a partir da década de 70, fruto da euforia desencadeada pela emergência das técnicas de DNA recombinante. Estas firmas almejavam atingir um elevado grau de verticalização em suas atividades, obtendo assim acesso a

35 Conforme mencionado anteriormente, não se pretende aqui uma exposição exaustiva de sistemas de inovação em biotecnologia de outros países, por não se constituir este o objetivo central desta tese. Há, no entanto, uma vasta bibliografia a este respeito. Para informações mais detalhadas, sugerem-se os trabalhos de Corolleur & Mangematin (2004), Diaz *et alii* (2002), Dohse (2000), Felloni *et alii* (2003), Giesecke (2000), Höyssa *et alii* (2004), Hsu *et alii* (2003), Kaiser & Prange (2004), Lehrer & Asakawa (2004), Mangematin *et alii* (2003), Mani (2004), Marsh (2003), Mcmillan, Narin & Deeds (2000), Niosi (2003), dentre outros.

mercados finais em escala mundial. A existência de um robusto mercado de capitais nos Estados Unidos implicou acesso facilitado a recursos financeiros e permitiu o empreendimento de projetos bastante ousados e de longo prazo.

Tal conjuntura criou condições para que desde suas origens o campo da biotecnologia nos Estados Unidos assumisse um perfil distinto do cenário verificado em outros países. De modo contrário à dinâmica que costuma caracterizar áreas de fronteira do conhecimento, em que o desenvolvimento científico e tecnológico é fortemente amparado por recursos públicos, as empresas norte-americanas surgiram e se desenvolveram custeadas mormente em face da existência de *seed money* e capital de risco proveniente de um vigoroso mercado de capitais.

É importante mencionar que muitas destas empresas surgiram sem deter suficientes competências técnicas, gerenciais, bem como um plano de negócios ou produtos que pudessem ser imediatamente dispostos no mercado. Este clima inicial de euforia, portanto, deu lugar a um comportamento mais parcimonioso de empresas e agentes financeiros, na medida em que se deparou com percalços não inicialmente previstos, como entraves técnicos que dilatavam o prazo para a obtenção de produtos e marcos regulatórios restritivos, sobretudo no caso da FDA no segmento farmacêutico e da EPA, no campo ambiental (Salles-Filho, 1993). Ademais, as empresas que lograram êxito no desenvolvimento de produtos comercialmente viáveis esbarravam em estruturas de mercado marcadas por elevado grau de oligopólio e dominância de grandes empresas tradicionais, dificultando o acesso a mercados finais.

Não obstante estas dificuldades, as limitações e entraves técnicos foram o maior obstáculo enfrentado pelas primeiras empresas de biotecnologia, razão que ajuda a compreender a tendência de concentração geográfica e regional, com vistas a obter maior aproximação das universidades e facilidade na formação de alianças, *clusters* e sistemas locais de inovação, mediante o compartilhamento de ativos intangíveis, a geração de sinergias e economia de custos de transação. De fato, McMillan, Narin & Deeds (2000) apontaram que mesmo nos dias atuais a maioria destas empresas se encontra próximo a grandes universidades, e nada menos que um terço de todas as empresas de biotecnologia norte-americanas se concentraram na região de Boston e São Francisco, e outros arranjos importantes são verificados nas regiões de Los Angeles e San Diego, na Califórnia, Massachussets, Nova York e Nova Jersey, na região Nordeste e Carolina do Norte, Texas e Washington.

Um outro aspecto que concorreu para este fenômeno de concentração se deve ao fato que muitas destas empresas foram criadas ou eram coordenadas por cientistas e pesquisadores vinculados a universidades, conformando a figura do “cientista empreendedor”. Este contexto conferia grande espaço ao espessamento das relações entre cientistas e pesquisadores, fortalecendo vinculações e dinamizando capital social, ao mesmo tempo em que permitia que as empresas estivessem próximas às descobertas mais recentes (Marsh, 2003).

O papel das universidades no sistema de inovação em biotecnologia norte-americano não se subsume, entretanto, à formação de recursos humanos ou à concertação de parcerias com empresas na execução de pesquisas. De acordo com estudo realizado por McMillan, Narin & Deeds (2000), a produção científica nestas desenvolvida é instrumento basilar de suporte às atividades de pesquisa realizadas por empresas. Com efeito, os autores apontam que mais de 70% das patentes depositadas por empresas norte-americanas se baseiam em artigos produzidos por universidades, escolas de medicina e instituições de pesquisa.

No que concerne ao ambiente institucional, merece destaque o *Bayh Dole Act*, designado no início dos anos 80, que estabeleceu um conjunto de incentivos para estimular as universidades a aproveitar comercialmente as descobertas que empreendiam no campo científico. Em conformidade a este argumento, Blaug *et alii* (2004) sustentam que a tecitura de vínculos mais consistentes entre universidades e empresas foi também influenciada por um amplo processo de reestruturação industrial no início dos anos 80, quando as empresas reduziram seus investimentos em P&D e os recursos para a pesquisa derivados do Estado sofreram um significativo abalo. A correlação de universidades, cientistas e empresas se expressou com maior desenvoltura porque as instituições acadêmicas, além dos ganhos econômicos que poderiam ser auferidos mediante contratos de licenciamento ou depósito de patentes, obtinham também maior legitimidade pública e social quanto à importância de suas atividades, reforçando o compromisso social com a sociedade e Estado.

Apesar das condições *sui generis* que marcaram o desenvolvimento da biotecnologia norte-americana no tocante às condições de financiamento e fomento, tem sido observada nos últimos anos, sobretudo por empresas de menor porte, maior busca por recursos públicos. Projeções mais realistas – e modestas – ante o crescimento da biotecnologia, bem como incertezas econômicas e políticas têm estreitado os canais de obtenção de recursos privados. De

fato, conforme expresso por Check (2003) as pequenas empresas conseguiram captar recursos próximos a US\$ 65 milhões no primeiro quadrimestre de 2003, o que representa uma queda de 70% em relação ao mesmo período em 2002. A continuidade deste cenário sugere que em médio prazo apenas as empresas que já disponham de produtos comercializados no mercado ou que ao menos disponham de perspectivas mais sólidas e céleres de inserção conseguiriam subsistir.

Dentre as ações recentes do governo norte-americano no sentido de capitalizar segmentos abrangidos pela biotecnologia, instituiu-se o programa *Bioshield*, voltado ao fomento de projetos e estudos que resultem em produtos e serviços que permitam um combate mais eficiente à ameaça do bioterrorismo. O programa prevê a alocação de recursos da ordem de US\$ 6 bilhões em um período de dez anos. Não se pode também deixar de mencionar a disponibilização de recursos financeiros provenientes de doações realizadas por empresas e fundações privadas. Convém citar, a título ilustrativo, a recente oblação de US\$ 42,6 milhões realizado pela *Bill and Melinda Gates Foundation* ao *Institute for OneWorld Health*, a fim de pesquisar a possibilidade de induzir a bactéria *Escherichia coli* a expressar a artemisinina, substância amplamente utilizada no tratamento da malária.

União Européia

Este item analisa os países europeus inseridos sob uma perspectiva agregada, em razão do forte caráter normativo e prescritivo que a União Européia tem conseguido imprimir nos últimos anos na organização e regulação da biotecnologia. De fato, determinadas funções e atribuições têm sido gradualmente incorporadas por um órgão supranacional, a Comissão da Comunidade Européia, responsável por elementos importantes de coordenação no âmbito dos sistemas nacionais de inovação, discutindo e formulando programas e estratégias cooperativas para o desenvolvimento científico e tecnológico nos países que compõem o referido bloco.

Neste âmbito, observa-se que uma das mudanças de maior expressão remete à célere profusão de empresas especializadas, fruto de ações deliberadas dos governos nacionais, visando uma expansão qualitativa e quantitativa da biotecnologia. De fato, conforme ilustrado no Quadro 3.1, o número de empresas de biotecnologia na União Européia no ano de 2003 suplantou o número de empresas situadas nos Estados Unidos (1.861 e 1.473 empresas, respectivamente). A distribuição nacional destas empresas é expressa na Figura 3.3.

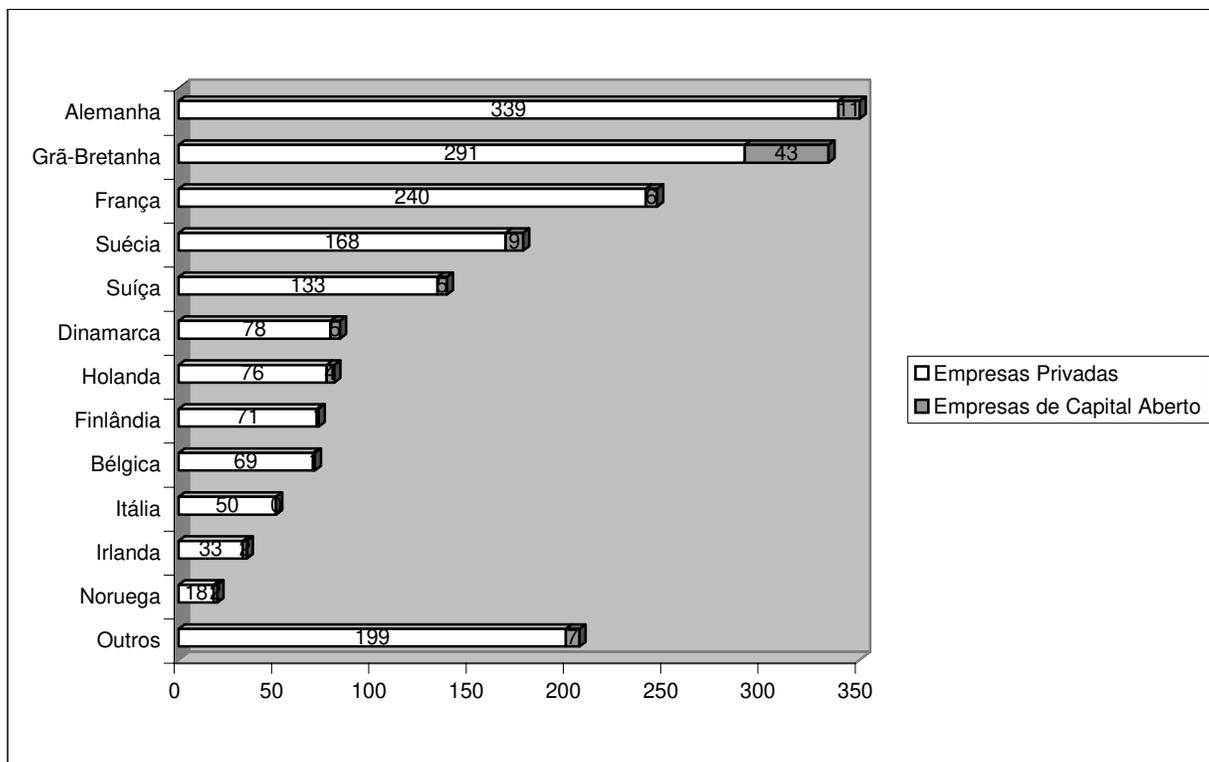


Figura 3.3 – Distribuição Nacional de empresas de biotecnologia nos países da União Europeia em 2003

Fonte: Ernest & Young (2004)

Os dados expostos na Figura 3.3 revelam que a Alemanha detém a primazia no número de empresas de biotecnologia na União Europeia, chegando a 350 firmas dentre públicas e privadas, montante levemente superior à Grã-Bretanha, que apresenta 334 empresas. Há que se observar ainda o grande predomínio de empresas privadas (95%) em relação às empresas de capital aberto. Isto pode ser atribuído a vários fatores, mas, de forma geral, sinaliza o menor porte e grau de desenvolvimento destas em relação às norte-americanas. A abertura de capital de empresas de biotecnologia, normalmente denominada *Initial Public Offer* (I.P.O.) ilustra, de certo modo, um maior grau de maturidade e independência financeira, na medida em que estas se convertem em empreendimentos interessantes ao investimento no mercado de capitais. O percentual da ordem de 5% de empresas de capital aberto na União Europeia explicita um menor contingente de companhias que atingiram este patamar, em detrimento ao contexto verificado nos Estados Unidos.

Em termos institucionais, é interessante verificar que, tal como neste país, as empresas europeias têm buscado se organizar sob a forma de arranjos de pesquisa e *clusters*, em que se destacam as regiões de Berlim e Munique, na Alemanha, Londres, Oxford, Cambridge e Escócia, na Grã-Bretanha, Paris e Strasbourg, na França, assim como arranjos cooperativos crescentes envolvendo os países bálticos (Finlândia, Dinamarca e Suécia), Irlanda e Milão.

É conveniente ressaltar, no entanto, o menor porte e escala dos arranjos constituídos na União Europeia, bem como o fato de que muitas universidades e institutos de pesquisa europeus comumente denotam menor vinculação e aproveitamento de oportunidades comerciais e empreendedoras do que nos Estados Unidos. As empresas norte-americanas são usualmente empreendimentos de maior porte, com maior capacidade de geração de receitas, atração de investimentos e capitalização e disposição de recursos, resultando em um maior número de produtos em fase experimental e efetiva comercialização em segmentos específicos de mercado (Commission of the European Communities, 2001).

Esta conjuntura ilustra o que se convencionou denominar *paradoxo europeu*, em que a Região denota grande competência no desenvolvimento de uma base científica relevante (*upstream activities*), sem, no entanto, conservar esta mesma performance no tocante ao desenvolvimento de produtos e serviços tecnológicos de grande aceitação comercial (*downstream activities*). Decorrem deste aspecto a baixa vinculação entre universidades, institutos públicos de pesquisa e empresas e mesmo arranjos cooperativos, em razão de entraves institucionais, regulatórios e incertezas que, usualmente, apresentam efeitos sinérgicos menos expressivos do que os observados em arranjos deflagrados nos Estados Unidos (Commission of the European Communities, 2002).

Como forma de reverter esta tendência, a Comissão Europeia instituiu o documento “*Life Sciences and Biotechnology – A Strategy for Europe*”, que consiste em um amplo programa de ação que, de forma subliminar, sinaliza a tentativa de superar os Estados Unidos na condição de principal potência mundial até o ano de 2010. Dentre suas ações se evidenciam o fortalecimento da base de recursos humanos e financeiros, o investimento na formação e qualificação de mão-de-obra, a provisão de condições simplificadas para sua mobilidade no âmbito europeu, a perenização e incremento dos dispêndios em atividades de pesquisa voltadas ao desenvolvimento

tecnológico, o fortalecimento do mercado de capitais e propriedade intelectual (Commission of the European Communities, 2002).

A partir deste documento, a Comissão da Comunidade Européia instituiu as bases para um programa cooperativo envolvendo todos os países da União Européia, culminando no Sixth Framework Programme for Research & Technological Development (FP6)³⁶. O referido Programa prevê o investimento de 17,5 bilhões de euros no período compreendido entre 2003 e 2006, e tem como principais objetivos corrigir as distorções que conformam o paradoxo europeu, representar novo aporte de recursos para a pesquisa, estimular a mobilidade de pesquisadores dentro da União Européia, evitar a evasão de cérebros (brain drain) para os Estados Unidos e criar uma área de pesquisa comum na União Européia (European Research Area – ERA) (Kütt et alii, 2003).

As ações previstas no FP6 revelam correspondência aos principais problemas enfrentados pelos países da União Européia e constituem importante diagnóstico para o entendimento e evolução da biotecnologia nesta Região. No que tange ao investimento em pesquisa, por exemplo, a União Européia aloca recursos da ordem de 1,9% de seu PIB, percentual modesto se comparado aos 2,7% investidos por Estados Unidos e 3% verificado no Japão.³⁷ Esta diferença em termos percentuais significou, na prática, que apenas no ano 2000 a diferença de recursos comprometidos por Estados Unidos e União Européia alcançou o montante de 124 bilhões de euros (Commission of the European Communities, 2003).

No que se refere ao crescimento e fortalecimento do mercado de capitais europeu, merecem destaque os trabalhos do European Investment Bank (EIB) e do European Investment Fund (EIF), conferindo recursos complementares a atividades de pesquisa em biotecnologia. De forma complementar, a Comissão Européia instituiu o Biotechnology and Finance Forum, no qual são discutidas e propostas condições mais apropriadas para o empreendimento de arranjos

36 A Comissão da Comunidade Européia começou a desenvolver programas e políticas transnacionais de biotecnologia já em meados dos anos 70. O primeiro programa de pesquisa específico para a biotecnologia, focando a engenharia biomolecular, foi instituído no ano de 1981, mas com recursos bastante modestos, que mal alcançavam a cifra de 15 milhões de euros (Commission of the European Communities, 2002).

37 Cumpre destacar que este investimento se refere a atividades de C&T e P&D de uma forma geral, não se restringindo à biotecnologia.

cooperativos de pesquisa envolvendo pesquisadores, indústria e agentes financeiros, com vistas a estreitar o acesso a recursos privados na incubação de novas *start ups*.

Outras ações expressivas contidas no FP6 dizem respeito à propriedade intelectual e formação de redes e sistemas locais de inovação. No que tange ao primeiro aspecto, a União Européia tem buscado harmonizar e consolidar um sistema unificado de propriedade intelectual, assim como um órgão centralizado para o registro de patentes (*Community Patent*). Por sua vez, a formação de redes e sistemas locais de inovação é condição necessária e preliminar para que logre êxito a tentativa de instituição da *European Research Area*. De fato, as iniciativas propostas no FP6 parecem exprimir resultados auspiciosos na instituição de tais arranjos, com destaque para o BioValley, que aglutina *clusters* nas regiões de Rhone-Alp, Freiburg e Basel, assim como o Medicon Valley, que agrega empresas e institutos de pesquisa da Suécia e Dinamarca. O Quadro 3.2, expresso a seguir, ilustra um panorama recente dos arranjos e parcerias cooperativas empreendidos na União Européia.

Quadro 3.2 – Parcerias Tecnológicas entre Empresas de Biotecnologia da União Européia por ano, em percentagem

Aliança	%		
	2001	2002	2003
União Européia – União Européia	37	34	47
União Européia – Estados Unidos	56	55	43
União Européia - Outros	7	11	10

Fonte: Ernest & Young (2004)

O Quadro 3.2 destaca que nos anos de 2001 e 2002 a maior parte das parcerias e alianças de pesquisa realizadas por empresas da União Européia tinha como foco preferencial empresas situadas nos Estados Unidos (56% e 55% das parcerias, respectivamente), enquanto as parcerias realizadas entre empresas da União Européia responderam por 37% em 2001 e 34% em 2002. Ainda que de forma germinal, foi possível observar a partir de 2003 uma tênue tendência à revitalização de parcerias envolvendo empresas da União Européia, o que já pode sinalizar uma possível influência do FP6. Conforme verificado no Quadro as parcerias envolvendo empresas da União Européia atingiram o percentual de 47% do total em 2003, superando aquelas realizadas com empresas norte-americanas, que representaram 43% das parcerias tecnológicas realizadas neste ano.

Os méritos ora obtidos pelo FP6 não podem, no entanto, ofuscar a improbabilidade de que a União Européia supere a hegemonia norte-americana no curto e médio prazo. Conforme apontou Schepens (2003), o hiato tecnológico e comercial em relação aos Estados Unidos não se estreitou e a União Européia permanece como um aglomerado difuso, em que muitas vezes os interesses nacionais de curto prazo perpassam os projetos e ações de longo prazo. Isto pode ser ilustrado pela condição quase estacionária da *Community Patent*, culminando no fato de que o sistema europeu de propriedade intelectual permanece restrito, oneroso e legalmente mais complexo e burocrático do que nos Estados Unidos e Japão. De forma análoga, Kaiser & Prange (2004) destacam que a tentativa de se criar um mercado de capitais europeu ainda se encontra em uma condição embrionária, prevalecendo um contexto de grande fragmentação e baixos volumes de recursos financeiros disponíveis.

No que concerne à investigação de forma desagregada dos países europeus, Diaz *et alii* (2002) e Menrad & Reiss (2002) propõem um quadro comparativo que ilustra as homologias e distinções no padrão de organização da biotecnologia, conforme expresso no Quadro 3.3.

Quadro 3.3 – Dinâmica de desenvolvimento da Biotecnologia em países europeus

Características	Países
Atividades de biotecnologia fortemente concentradas em empresas especializadas em biotecnologia, estabelecidas há pelo menos uma década; forte ocorrência de spin outs de empresas tradicionais e spin offs provenientes de universidades; inspiração no modelo de desenvolvimento norte-americano;	Reino Unido
Importância relativa de empresas especializadas em biotecnologia; empresas estabelecidas em período recente, forte dependência de políticas públicas no desenvolvimento da biotecnologia; contribuição equilibrada entre universidades e institutos de pesquisa; nível intermediário de spin offs;	Holanda Alemanha
Número intermediário de empresas de biotecnologia, a maioria estabelecida em período recente; influência majoritária do setor público em políticas e atividades de pesquisa e desenvolvimento; predominância de institutos públicos de pesquisa no desenvolvimento científico e tecnológico; baixo grau de empreendedorismo no desenvolvimento de novas start ups;	França Espanha Irlanda Itália
Sistema de inovação centrado na diversificação de empresas já existentes; baixo estímulo econômico e institucional à criação de novas empresas de biotecnologia; forte dependência do setor público, sobretudo universidades, mas estas atuam de forma ainda tímida no desenvolvimento científico e tecnológico da biotecnologia;	Grécia Áustria

Fonte: Baseado em Diaz *et alii* (2002) e Menrad & Reiss (2002).

Conforme exposto no Quadro 3.3, Alemanha, Grã-Bretanha e França se destacam no contexto da biotecnologia na União Européia. Durante a década de 90 o investimento francês e germânico neste campo orbitou em torno de 60 milhões de euros/ano, enquanto o investimento britânico anual foi da ordem de 150 milhões, aspecto que coloca a Inglaterra em uma posição de primazia neste continente. Isto é corroborado pelo fato de que, a despeito do maior número de empresas germânicas em termos absolutos (350 e 334), a Grã-Bretanha se destaca por ter empresas de maior porte, que já abriram seu capital (43 e 11).

Ainda no caso do Reino Unido, embora haja grande contingente de empresas realizando atividades de pesquisa, o desenvolvimento científico ainda é realizado de forma mais consistente e sistemática por universidades e institutos públicos, dos quais se destaca o *Biotechnology and Biological Sciences Research Council* (BBRSC), cujas pesquisas se distribuem ao longo de oito centros de pesquisa que focalizam temas ligados à saúde humana, biotecnologia agrícola e animal e questões ambientais (Menrad & Reiss, 2002).

O Reino Unido também se destaca pelo expressivo contingente de especialistas e recursos humanos especializados e qualificados. No setor farmacêutico são identificadas empresas na vanguarda do desenvolvimento e aplicação de novos compostos e fármacos. Concomitantemente, a base científica é bastante evoluída, e a participação intensiva em ações como o Programa Genoma Humano parecem corroborar esta afirmação. Além de um setor farmacêutico robusto e empresas de porte considerável, a região ainda conta com um mercado de capitais razoavelmente desenvolvido, e muitas universidades e institutos de pesquisa desenvolvem pesquisas e conhecimentos de fronteira tecnológica, favorecendo o estabelecimento de alianças e redes com

empresas de outros países da União Européia e, principalmente, com os Estados Unidos (Brahic, 2004).

A despeito dos avanços verificados no Reino Unido, persistem entraves bastante delicados. Dentre estes, Searle *et alii* (2003) apontam as dificuldades existentes nos mecanismos de transferência de produtos e tecnologias de universidades para empresas. Os autores argumentam que estas dificuldades decorrem não apenas do marco regulatório, que ainda se mostra demasiadamente restritivo em determinados aspectos, mas também pela complexidade em se gestar um ambiente econômico e cultural mais favorável ao empreendedorismo.

Em virtude das dificuldades impostas por tais entraves, algumas universidades buscaram sua superação mediante a instituição de programas e instrumentos endógenos. A Universidade de Londres deu origem a um departamento específico para estreitamento das relações entre academia e mercado, denominado *Imperial Innovations*. Este tem como escopo a prestação de assistência técnica e empresarial a cientistas e pesquisadores que desejem comercializar ou licenciar uma descoberta científica promissora para o desenvolvimento de produtos e serviços tecnológicos.

No âmbito estatal, merece destaque do *Biotechnology Mentoring Incubator* (BMI), voltado à incubação de novas *start ups*. Além da possibilidade de utilização de laboratórios e equipamentos para pesquisas, as empresas contam também com assessoria empresarial e técnica. No presente momento são identificadas 22 incubadoras que catalizaram 137 empresas, constituindo praticamente a metade de todas as empresas existentes no Reino Unido (Brahic, 2004).

Por sua vez, a Alemanha tem experimentado um crescimento absoluto e relativo das empresas de biotecnologia, sobretudo no setor farmacêutico e de saúde humana. De fato, a superação do Reino Unido em número de empresas era uma meta deliberada do governo alemão, ainda que estas empresas se caracterizem, na maior parte, pelo porte reduzido. Nesta conjuntura, as que têm demonstrado melhor desempenho não são aquelas que se ocupam de desenvolvimento de novos produtos e processos biotecnológicos, mas sim as que logram êxito no licenciamento de produtos e tecnologias de universidades e empresas tradicionais, com vistas a atuar em nichos específicos do mercado (Lehrer & Asakawa, 2004).

De acordo com Giesecke (2000), ao longo de seu desenvolvimento, o sistema de inovação alemão não foi muito profícuo em estimular ações empreendedoras dos agentes privados e mesmo sua vinculação aos atores produtores de conhecimento técnico e científico. Havia pouco ou nenhum incentivo a pesquisadores e cientistas ligados a universidades e institutos de pesquisa no que se refere ao desenvolvimento tecnológico, patenteamento de produtos ou licenciamento dos mesmos a empresas. Lehrer & Asakawa (2004) acrescentam ainda o severo descompasso que historicamente se constituiu entre universidades e institutos públicos de pesquisa, partindo-se do argumento de que uma maior aproximação reduziria a autonomia e desenvolvimento de ciência básica nestes últimos, convertendo-se os mesmos em um apêndice da dinâmica industrial.

A emergência da biotecnologia e seus impactos em segmentos em que a Alemanha ocupou posição destacada no contexto internacional foi fator que contribuiu para uma revisão do panorama ora caracterizado. Conforme mencionou Dohse (2000), a Alemanha adquiriu uma posição de destaque na indústria química e farmacêutica, dada a participação simultânea de universidades, institutos de pesquisa, como o *Max Planck* e grandes empresas, as quais gozavam de inserção privilegiada em diversos mercados e agregavam importantes contribuições no desenvolvimento de novos medicamentos, compostos e produtos. Nas últimas décadas do século XX, contudo, esta posição passou a ser crescentemente contestada, com o gradual esgotamento dos paradigmas tecnológicos baseados na química tradicional e o crescimento da biotecnologia na concertação de novas trajetórias ou revitalização de trajetórias tradicionais.

Este cenário levou o Estado a instituir mecanismos diversos para gestar um ambiente mais propício ao desenvolvimento da biotecnologia no país, com destaque para o Programa *BioRegio*, que vigorou entre 1995 e 2000. Este Programa estimulou o desenvolvimento de sistemas locais de inovação, suscitando empresas especializadas e *clusters* por meio de uma competição nacional, na qual as regiões interessadas encaminhariam propostas que, se aprovadas, contariam com recursos técnicos, financeiros e jurídicos privilegiados. De acordo com Giesecke (2000) foram encaminhadas 17 propostas, das quais quatro foram selecionadas, culminando na formação de sistemas de inovação em biotecnologia nas regiões de Colônia, Heidelberg, Jena e Munique.

Os estímulos concedidos pelo Programa permitiram a consolidação e fortalecimento destes pólos e, mais recentemente, o governo Federal deu origem a novos programas de suporte

ao desenvolvimento da biotecnologia, voltados respectivamente ao adensamento e consolidação de sistemas locais já existentes (*BioProfile*) e concessão de subsídios e fomento a empresas que empreendam atividades de P&D de elevado potencial inovativo e fronteiroço (*BioChance*). De acordo com Lehrer & Asakawa (2004), tais ações foram causa do auspicioso crescimento do sistema nacional de inovação em biotecnologia daquele país e explicam em grande parte o crescimento relativo alemão em comparação aos demais países europeus ao longo da década de 90.

Juntamente ao Reino Unido e Alemanha, a França ocupa posição de destaque na União Européia. No caso francês prevalece o papel do Estado, por meio de seus institutos de pesquisa, mormente o *Centre National de la Recherche Scientifique* (CNRS), o *Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale* (INSERM), o *Institut Pasteur* e o *Institut National de la Recherche Agronomique* (INRA), além de cerca de trinta departamentos universitários e cinco escolas superiores de agronomia, que detêm competência mundialmente reconhecida no empreendimento de pesquisas científicas e tecnológicas. Isto é reforçado pelo fato de que as empresas de biotecnologia do país são ainda bastante incipientes, das quais cerca de 80% surgiram apenas na década de 90 (Amouvel, 2003).

Desta forma, o desenvolvimento da biotecnologia na França é consequência menos de ações de agentes privados e mais um resultado de políticas e instrumentos orquestrados pelo setor público no sentido de prover um ambiente econômico, político e institucional mais oportuno às peculiaridades e dinâmica deste campo. Conforme apontaram Corolleur & Mangematin (2004), estas ações se concentram primordialmente na tentativa de aproximação dos atores que compõem o sistema de inovação em biotecnologia francês, fortalecimento e adensamento do mercado de capitais, estímulo a uma cultura capitalista de cientistas e pesquisadores no sentido de reproduzir a correlação “cientista empreendedor”, bem como regulamentar e instituir mercados que se convertam em *loci* favoráveis ao ingresso de produtos e serviços derivados da biotecnologia.

Dentre as ações estatais visando proporcionar um ambiente institucional mais apropriado ao desenvolvimento científico e tecnológico, destaca-se a outorga da Lei de Inovação Francesa (Lei 99-587), datada de junho de 1999. A partir desta foram instituídos mecanismos e incentivos destinados a aproximar pesquisadores e cientistas do ambiente econômico e industrial, amplificando os canais de interação entre os setores público e privado. Um aspecto

particularmente auspicioso desta Lei diz respeito à possibilidade de que pesquisadores e cientistas se afastem de suas atividades acadêmicas e profissionais para tomarem parte ou mesmo darem início a novas empresas, aspecto emulado posteriormente na Lei de Inovação brasileira.

Esta iniciativa teve impacto bastante expressivo no desenvolvimento da biotecnologia no país, uma vez que são os institutos e agências públicas de pesquisa os núcleos basais do desenvolvimento científico e tecnológico. Dentre as ações recentes, destaca-se a criação de um programa voltado ao fomento a pesquisas em bioinformática, nano-bioengenharia, terapia gênica e celular, com recursos de 30 milhões de euros; o Programa GenHomme, vinculado à área de genômica e sequenciamento e o GenoPlante, voltado ao desenvolvimento da biotecnologia agrícola e vegetal, que contaram com recursos da ordem de 300 e 210 milhões de euros, respectivamente (Jounneau, 2003).

Em relação a instituições de intermediação (*bridging institutions*), é conveniente mencionar ainda a criação do *France Innovation Scientifique et Transfert* (FIST), maior incubadora de empresas francesa. O FIST tem se dedicado a proporcionar assessoria técnica e administrativa a pequenas e médias empresas, prestando consultorias em propriedade intelectual, viabilidade comercial e planos de negócios, bem como em técnicas de *marketing* e estratégia para inserção em mercados nacionais e internacionais. Conforme aponta Jounneau (2003), desde sua criação, em fins da década de 90, o FIST já intermediou mais de 600 contratos de transferência tecnológica de institutos públicos de pesquisa a empresas, proporcionando ao CNRS e ANVAR recursos de 40 milhões de euros em 2002 e 65 milhões no ano de 2003.

Ásia e Pacífico

No que se refere à biotecnologia na região da Ásia e Pacífico, os países que denotam maior evolução na organização da biotecnologia são Japão, China, Índia e Coreia do Sul, a despeito do rápido crescimento observado em Cingapura e Malásia, dentre outros.

O Japão se destaca pela ampla tradição na pesquisa biotecnológica em processos bioquímicos e fermentativos, bem como pelo investimento e coordenação estatal no desenvolvimento da biotecnologia, aspecto reforçado pela limitada ação empreendedora de cientistas e pesquisadores, a baixa articulação destes com o segmento econômico-industrial e um mercado de capitais pouco voltado às empresas de biotecnologia. De acordo com Nakazawa

(2000), isto tem implicado negativamente as possibilidades de interação, licenciamento e transferência tecnológica para empresas, argumento endossado pelo fato de que no ano de 1999 havia apenas 8.000 cientistas dedicados à área de genômica no Japão, enquanto na União Européia e Estados Unidos este número chegava a 64.000 e 71.000, respectivamente.

A fim de minimizar este entrave, o Estado instituiu o *Basic Policy Towards Creation of a Biotechnology Industry* (Lehrer & Asakawa, 2004). Este Programa implica maior autonomia para universidades e institutos de pesquisa no que se refere à possibilidade de estabelecimento de contratos de parceria, transferência e licenciamento de novos produtos e processos a empresas, proposição de estímulos e condições para que cientistas e pesquisadores ingressem ou criem novas empresas de biotecnologia, em que o mesmo poderia se afastar de suas atividades acadêmicas por um período de até três anos, retornando posteriormente ao exercício de suas funções.

O apoio à formação e aprimoramento de recursos humanos foi também favorecido pela instituição de bolsas de estudo especiais para especialização em biotecnologia, com a possibilidade de desenvolvimento de atividades de pesquisa em outros países como Estados Unidos, Alemanha, Reino Unido e França, reproduzindo um modelo de pós-graduação que o país já adotara em outros campos do conhecimento e setores da economia.

No que concerne ao desenvolvimento de empresas, além da concessão que permitiu que cientistas e pesquisadores se inserissem e constituíssem empreendimentos próprios, criaram-se ainda linhas de crédito preferenciais e equalização das taxas de juros para empresas de biotecnologia. Conforme apontam Lehrer & Asakawa (2004), esta ação foi de grande relevância para o desenvolvimento de novos empreendimentos no Japão, contribuindo para que o número de empresas de biotecnologia se elevasse a quase 400 no ano de 2003, superando o número de empresas existentes em países de projeção consolidada na pesquisa em biotecnologia, como Alemanha, França e Reino Unido. Observa-se também neste país a emergência de *clusters* e arranjos locais de inovação, com destaque para os pólos de Kanto, na região de Tóquio, que concentra 51% das empresas do país, Kinki, Kyoto e Kobe, na região de Osaka, com 14,2% das empresas e Hokkaido, com 11,6% das empresas de biotecnologia do país (Sumida, 2004).

Por seu turno, a China tem experimentado vigoroso crescimento de seu sistema de inovação em biotecnologia. No que tange ao contexto agrícola, as pesquisas têm se relacionado mais à adoção e adaptação de variedades geneticamente modificadas – mormente arroz e soja – de modo a reduzir a dependência do país a importações dos referidos produtos. No que concerne à saúde, o principal indicador do crescimento chinês remonta à evolução do país em termos de número de artigos e *papers* em periódicos indexados, em que se passou da 22^a posição no início da década de 90 para a 14^a em 2002 (Zhenzhen *et alii*, 2004).

Dentre as ações governamentais, destacam-se medidas voltadas à redução do *brain drain* e tentativa de repatriação de pesquisadores e especialistas que saíram do país em busca de condições mais apropriadas de trabalho ou mesmo por convicções políticas. A este respeito, Thorsteinsdóttir *et alii* (2004) enumeram ações tais como provisão de fundos de longo prazo para o estabelecimento de laboratórios, centros de pesquisa e permissão de que cientistas possam estabelecer empresas privadas de biotecnologia. De fato, parece haver certo consenso a respeito da necessidade de ampliação destas empresas, bem como na consolidação de vínculos e cooperação entre universidades, empresas e institutos públicos de pesquisa e saúde, dentre os quais se destacam o *Beijing Genomics Institute* e o *Chinese National Human Genome Center* (Zhenzhen *et alii*, 2004).

O sistema de inovação em biotecnologia indiano começou a se desenvolver de forma mais pervasiva em meados da década de 80, com o estabelecimento do *National Technology Board* (NTB), bem como a criação de um departamento específico no âmbito do Ministério da Ciência e Tecnologia deste país (Pandey *et alii*, 2004). Dentre as ações consubstanciadas pelo NTB, enumeram-se programas em pesquisa básica, assim como pesquisas no campo da saúde, genética, biotecnologia microbial e industrial, agricultura e alimentos (Mani, 2004).

Ainda de acordo com estes autores, mostra-se crescentemente importante no caso indiano a continuidade de projetos de P&D voltados ao aproveitamento e exploração da biodiversidade da fauna e flora nacionais. Os recursos para investimentos são majoritariamente do governo, e além de ampliação destes, requer-se maior participação do capital privado e mercado de capitais. As principais ações de pesquisa são realizadas em instituições públicas de ensino e pesquisa, por que se recomenda a constituição de instrumentos que engajem empresas em ações de desenvolvimento e comercialização. Recentemente, o NTB estimulou a formação do *Genoma*

Valley, arranjo cooperativo que visa estreitar as relações entre universidades e empresas. As maiores empresas do país estão se concentrando nesta região e foram responsáveis, em 2004, por uma receita estimada em US\$ 700 milhões apenas no segmento farmacêutico (Jayaraman, 2005). Ainda de acordo com este autor, o rápido incremento das empresas locais foi proporcionado pelo desenvolvimento de um sistema de patentes mais favorável à manutenção de direitos de propriedade intelectual (Thorsteinsdóttir *et alii*, 2004).

A Coréia do Sul está se tornando rapidamente um ator expressivo no contexto global da biotecnologia, aproximando-se de países asiáticos com maior tradição neste campo, caso do Japão e China, e superando competidores regionais, como Taiwan e Cingapura. Dentre os principais nichos de inserção no mercado de produtos de biotecnologia, a Coréia tem logrado êxito em aproveitar suas vantagens competitivas e competências em tecnologias de informação e comunicação no desenvolvimento de técnicas de microarranjos de DNA, *biochips* e bioinformática (Wong *et alii*, 2004).

Um destaque importante para a biotecnologia na Coréia se reflete no campo da saúde. Com efeito, a participação do país na produção de conhecimento científico mensurado em artigos indexados mostra uma sensível evolução a partir da década de 90, quando o país ocupava a 25ª posição dentre os países com maior número de publicações especializadas, tendo passado à 12ª em 2002, superando países bastante tradicionais no desenvolvimento de biotecnologias para a área de saúde, como a Suíça (Thorsteinsdóttir *et alii*, 2004). Concomitante a isto, estima-se que cerca de um terço de todos os produtos derivados da biotecnologia presentemente desenvolvidos neste país se relacionam ao campo biomédico. Não obstante, há cerca de 130 drogas derivadas de biotecnologias nas fases 1 ou 2 de testes clínicos.

A rápida expansão da biotecnologia na Coréia é também explicitada pelo crescimento de empresas especializadas em biotecnologia. De acordo com Wong *et alii* (2004), este número se elevou de apenas uma em 2000 para 23 no final de 2002, desconsiderando as ações de empresas que atuam em outros segmentos, como o farmacêutico, agrícola e cosméticos. Esta rápida expansão revela um diferencial competitivo importante no caso coreano. A relativa disponibilidade de recursos, fruto do substantivo crescimento econômico manifestado no país nas últimas décadas, permitiu a concertação de uma política robusta de transferência tecnológica e condições aprazíveis para o estabelecimento de *start ups* por professores e cientistas. Desta

maneira, o crescimento de pequenas e médias empresas de biotecnologia tem superado a média verificada no restante do mundo.

Junto a isto, programas desenvolvidos pelo Ministério do Comércio, Indústria e Energia têm favorecido a vinculação destas empresas com grandes conglomerados locais (*chaebol*), ampliando o acesso a recursos financeiros, redes de pesquisa e canais de distribuição de seus produtos (Wong *et alii*, 2004). As ações do governo não se subsumem, contudo, à função de *broker* entre segmentos do sistema de inovação coreano. De fato, a política de fomento ao desenvolvimento biotecnológico deste país prevê investimentos da ordem de US\$ 4,4 bilhões entre 2000 e 2007. Destaca-se ainda a existência de um incipiente e vigoroso mercado de capitais no país, que já constitui uma das principais fontes de recursos para empresas de biotecnologia no país.

Antes de passar à próxima seção, seria conveniente sumarizar em linhas gerais algumas características e similaridades nas políticas e organização da biotecnologia nos países e Regiões ora discutidos.

Dentre os elementos mais marcantes se destaca a tentativa de organização de *clusters* e sistemas locais de inovação tendo como núcleo central segmentos voltados à produção de conhecimento científico – universidades e institutos públicos de pesquisa. De forma análoga, busca-se criar mecanismos e instrumentos que estimulem a cooperação entre os distintos agentes do sistema de inovação destes países, particularmente àquelas entre academia e setor produtivo, visando ampliar as possibilidades de transferência tecnológica, licenciamento de produtos e tecnologias, bem como a realização de pesquisas de modo conjunto, aproveitando competências técnicas e científicas já agregadas e minimizando custos de transação.

Outra ação recorrente consiste na concertação de instrumentos para ampliação do universo de empresas especializadas em biotecnologia. Em linhas gerais, isto envolve a concessão de estímulos para que pesquisadores e cientistas possam se afastar temporariamente de suas atividades a fim de tomar parte ou dar origem a novas empresas, seguindo o modelo de “cientista empreendedor”, linhas de crédito especiais, equalização de taxas de juros, ampliação do mercado de capitais e capital de risco e incubadoras de empresas.

Finalmente, observa-se uma forte tendência de valorização da propriedade intelectual. Neste cenário, a importância do patenteamento não se subsume à ocorrência de ganhos derivados da inserção comercial de um produto, processo ou serviço, mas também exprime um importante indicador das competências técnicas e perspectivas de desenvolvimento de empresas e agentes e investidores financeiros, ampliando o acesso a recursos privados na execução das atividades de pesquisa.

3.3 O Sistema Nacional de Inovação em Biotecnologia no Brasil

Conforme apontado por Salles-Filho, Bonacelli & Mello (2001), Salles-Filho *et alii* (2004), CGEE (2002), Carvalho (1993), dentre outros, o sistema de inovação em biotecnologia no Brasil se reveste de características peculiares, como a forte proeminência do setor público, responsável por cerca de 80% dos investimentos e atividades em pesquisa; baixo nível de investimento e execução de atividades de P&D; prevalência de empresas de menor porte, atuando em nichos específicos de mercado; cultura empresarial pouco afeita a riscos e um ambiente institucional difuso e conflitivo no tocante a aspectos normativos e regulatórios. Apesar desta conjuntura, a biotecnologia no Brasil respondeu por cerca de 2,8% do PIB no ano de 2000 e efetuou transações da ordem de US\$ 500 milhões (Assad & Henriques, 2004).

A precedência do setor público no caso brasileiro é evidenciada pela ação de universidades e institutos públicos de pesquisa no fomento e execução de pesquisas, bem como pela forte vinculação de suas atividades, impulsionando a formação de um contingente volumoso de grupos, linhas e áreas de pesquisa, conforme exposto no Quadro 3.4.

Quadro 3.4 – Distribuição de Grupos de Pesquisa em Biotecnologia no Brasil segundo fatores geográficos e linhas de pesquisa

	Grupos de Pesquisa	Linhas de Pesquisa	Pesquisadores	Estudantes e <i>Trainees</i>
Região Norte	59	117	233	312
Região Nordeste	242	500	958	1336
Região Sudeste	991	2279	3832	11204
Região Sul	327	735	1245	2988
Região Centro-Oeste	99	213	470	334
Total	1718	3844	6738	16174

Fonte: Assad & Henriques (2004)

Os dados expostos no Quadro 3.4 indicam a amplitude de recursos humanos envolvidos com o campo na biotecnologia no país. Observa-se a existência de quase dois mil grupos acadêmicos atuando em cerca de quatro mil linhas distintas de pesquisa. O número de pesquisadores perfaz aproximadamente sete mil, além de um contingente superior a dezesseis mil estudantes. A ação do setor público foi crítica para galgar tais resultados, dada a instituição de instrumentos tais como bolsas e auxílios específicos. Nota-se, no entanto, certa inapetência do mercado e setor privado na absorção deste contingente profissional, por que os mesmos se concentram majoritariamente em instituições públicas, que concentram cerca de 90% dos pesquisadores, além de outros que optam pela emigração, tornando mais acentuado o problema de evasão de cérebros (*brain drain*) (Ferrer *et alii*, 2004).

As primeiras iniciativas de caráter mais sistematizado para a institucionalização da pesquisa em biotecnologia no país remetem à década de 70, quando o CNPq estabeleceu o Programa Integrado em Genética e o Programa Integrado em Doenças Tropicais. A estes programas, agregou-se uma ação de caráter mais pervasiva, consubstanciada no Programa Nacional de Biotecnologia (PRONAB), iniciado por esta agência em 1982. De acordo com Silva (1989), o PRONAB representou a transição de uma política de C&T implícita em biotecnologia, manifestada desde os primeiros programas de melhoramento vegetal em celulose e cana-de-açúcar, para uma política explícita, na qual o país buscava atingir relativa autonomia científica e tecnológica mediante um amplo programa de formação e capacitação de recursos humanos e estreitamento das relações entre o setor industrial e instituições de ensino e pesquisa.

Com vistas à consecução deste objetivo, foram identificadas três áreas prioritárias de atuação, quais sejam, agricultura e pecuária, energia e saúde. A primeira delas priorizava estudos em fixação biológica de nitrogênio para a produção de oleaginosas e redução do custo de

fertilizantes; criação de variedades de plantas com resistência à aridez, salinidade, estresse ambiental e maior eficiência fotossintética e controle biológico de pragas e melhoramento animal. O segmento de energia se concentrou no desenvolvimento e expansão de combustíveis alternativos (álcool e gás metano) e enzimas, visando a melhoria de processos fermentativos. Por seu turno, as pesquisas em saúde buscavam a produção de polipeptídeos, como a insulina, hormônios de crescimento e interferon; vacinas para combate de doenças parasitárias, febre aftosa e hepatite, assim como anti-soros (CNPq, 1981). Além destas áreas, o PRONAB também dedicou esforços à criação de um subprograma de engenharia genética, de forma a possibilitar a internalização de conhecimentos relativos à moderna biotecnologia, assim como na criação de uma coleção de microorganismos e germoplasma (Silva, 1989).

Não obstante os avanços derivados do PRONAB, o programa apresentou certas disfunções, em razão da conjuntura político-econômica do período. Conforme apontam Libera (2001) e Carvalho (1993), o PRONAB é contemporâneo a um ciclo de desinvestimento estatal nas atividades de C&T. A crise do SNDCT afligia sobremaneira a posição de coordenação do CNPq, conduzindo a um cenário de desagregação, no qual cada uma das áreas estratégicas foi subordinada a órgãos distintos do aparelho de Estado. O núcleo energético passou a ser conduzido pela Secretaria de Tecnologia Industrial, pelo Ministério da Indústria e Comércio e pelo Ministério das Minas e Energia. Na área agrícola e agropecuária prevalecia a atuação da Embrapa e demais órgãos do Ministério da Agricultura. De forma análoga, o segmento de saúde foi coordenado pela FIOCRUZ e pelo Instituto Butantan. Apesar de tais problemas, o PRONAB contribuiu para sinalizar a importância estratégica da biotecnologia para o desenvolvimento do país, suscitando ações de outros programas e políticas arregimentados pelo Governo Federal, como o PADCT e o RHAE.

O PADCT sucedeu o PRONAB no fomento à biotecnologia no país, por intermédio de um subprograma voltado especificamente a este campo (PADCT/SBIO). Suas ações se voltaram ao desenvolvimento de um conjunto de áreas correlatas, tais como a biologia molecular, bioquímica, imunologia básica e engenharia genética. A primeira fase deste programa (PADCT I) concentrou ações na formação de recursos humanos e melhoria da infra-estrutura de centros de

pesquisa. De acordo com Assad & Aucélio (2004), nesta etapa foram contratados 258 projetos, em que se comprometeu US\$ 24 milhões.³⁸

A segunda fase do PADCT foi caracterizada pelos primeiros esforços de indução de parcerias entre universidades e empresas. Neste contexto, foram apoiados projetos que geraram produtos biotecnológicos, como a “insulina humana”, o plástico biodegradável e variedades de plantas geneticamente modificadas. Ao todo, foram contemplados 158 projetos e o dispêndio foi da ordem de US\$ 41 milhões. A terceira fase, ainda em curso, contemplou até o momento um total de 97 projetos, com destaque para aqueles realizados simultaneamente por universidades e empresas (Assad & Aucélio, 2004).

Por seu turno, o RHAE constitui um dos instrumentos de maior importância para o estímulo e fortalecimento do sistema de inovação em biotecnologia no Brasil. A partir de suas ações observou-se a formação de um contingente de profissionais capacitados para atuar em projetos conjuntos envolvendo a participação dos setores acadêmico e empresarial. Com base neste apoio muitas empresas de biotecnologia internalizaram atividades de P&D e, em parceria com universidades e institutos de pesquisa, ampliaram sua capacidade de inovação.³⁹ Contudo, as dificuldades econômicas e políticas enfrentadas pelo Brasil ocasionaram um gradual esgotamento dos recursos destinados ao programa, alijando a biotecnologia de um desenvolvimento mais robusto e consistente.

A transição do governo militar para o civil e conseqüente criação do MCT no ano de 1985 tornou a ilustrar a descontinuidade de ações e políticas no campo da C&T. Conforme apontam Assad & Aucélio (2004), juntamente a este ministério foi constituída a Secretaria Especial de Biotecnologia, Química Fina e Novos Materiais. Esta foi extinta em 1990, durante o governo de Fernando Collor de Melo, e convertida na Divisão de Biotecnologia e Química, que padecia com a fragmentação de suas ações e múltiplas coordenações, parte delas em outros Ministérios. Após uma gama de transformações vinculadas à nomenclatura, desenho organizacional, autonomia, responsabilidade e poder decisório, foi estabelecida em 2000 a Coordenação Geral de

38 De acordo com os autores, a previsão inicial era de 46 projetos e, com o intumescimento deste número, verificou-se grande pulverização de recursos, comprometendo os resultados almejados nesta etapa inicial.

Biotecnologia e Saúde, vinculada ao Departamento de Políticas e Programas Temáticos e à Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento.

A descontinuidade de ações neste período pode ser vislumbrada pela evolução do CBAB – ou CABBIO, como é denominado internacionalmente. Considerado o principal instrumento de integração regional no campo da biotecnologia, o programa se iniciou com a participação de Brasil e Argentina no ano de 1986. De acordo com Souza *et alii* (2004), estes países se comprometeram em alocar conjuntamente a quantia de US\$ 20 milhões no período compreendido entre 1986 e 1991. No entanto, até o final de 2002 – e portanto em um período de dezesseis anos – o investimento brasileiro e argentino no CBAB alcançou valores de US\$ 7.673,8 milhões e US\$ 6.890,9 respectivamente, perfazendo um total de US\$ 14.564,8, o que equivale a pouco mais de 72% do que havia sido previsto para investimentos em um único quinquênio.⁴⁰

Uma forma de abordar a conjuntura atual do sistema de inovação em biotecnologia no Brasil consiste na identificação de suas instituições-chave no universo da saúde e agrícola, tal como expresso por Silveira *et alii* (2004). A hegemonia do setor público neste campo é novamente evidenciada, dada a constatação de que são as universidades e institutos públicos de pesquisa as principais instituições-chave do referido sistema no país. De acordo com Ferrer *et alii* (2004), o incremento no número de artigos técnicos e científicos indexados pela SCI produzidos por tais instituições (que se elevou de 96 em 1998 para 179 em 2001) são outro indicador de sua contribuição e excelência.

Instituições-Chave em Biotecnologia na área de Saúde

Dentre o amplo conjunto de institutos e universidades que poderiam ser mencionados neste item, opta-se pela menção ao Instituto Butantan, à FIOCRUZ, ao Instituto de Tecnologia do Paraná (TECPAR) e ao Instituto Ludwig. Constata-se neste segmento substantiva competência na pesquisa, desenvolvimento e produção de produtos ligados à imunização. O Programa de Autosuficiência Nacional em Imunobiológicos (PASNI), coordenado pelo Ministério da Saúde,

39 Dentre estas, Assad & Aucélio (2004) destacam o In Vitro, Copersucar, Quiral Química, Pro Clone, Embrapa, Aracruz Celulose, bem como pólos biotecnológicos – BioRio, Biominas, BIOAGRO e o Centro de Biotecnologia do Rio Grande do Sul, dentre outras.

40 Não obstante as dificuldades enfrentadas, Souza *et alii* (2004) destacam que até o ano de 2001 o CBAB apoiou um total de 87 projetos e 176 cursos, contemplando desde infra-estrutura para manutenção de bancos de linhagens de microorganismos e germoplasma até programas de capacitação de recursos humanos e intercâmbio de pesquisadores.

consiste em um importante estímulo à promoção da produção de vacinas no país, com destaque para o combate à febre amarela, poliomielite, raiva canina, hepatite B, meningite tipo C, sarampo e a tríplice viral e bacteriana para o combate do tétano, difteria e coqueluche.

Por seu turno, estudos na área de reagentes para diagnósticos são considerados por Assad e Henriques (2004) como uma possível rota para a entrada para práticas da moderna biotecnologia, com destaque para programas de controle da qualidade do sangue e hemoderivados, que favorecem ações similares às adotadas pelo PASNI. Nestas condições, instituições públicas poderiam gerar e desenvolver tecnologias juntamente ao setor privado, com vistas a atender simultaneamente demandas governamentais para o controle de doenças transmissíveis e demandas do agronegócio por reagentes para avaliação da sanidade animal e vegetal.

O Instituto Butantan tem suas origens no ano de 1889, quando da emergência de uma epidemia de peste bubônica ocorrida na zona portuária da cidade de Santos. Na atualidade, este instituto tem participação expressiva não apenas no desenvolvimento de pesquisa básica e aplicada, mas também na produção de soros, vacinas, surfactantes, anatoxinas e hemoderivados para utilização do setor público no sistema nacional de saúde. Em virtude de seu mercado praticamente cativo, representado pelo Ministério da Saúde, o Butantan é favorecido por relativa perenização e homogeneidade no acesso a recursos financeiros, fator que o capacita a custear a maior parte de suas ações em P&D.

As pesquisas neste Instituto se concentram em dois núcleos principais, quais sejam, o Laboratório de Biotecnologia e o Centro de Toxicologia Aplicada. No primeiro são produzidos soros, vacinas e demais produtos farmacêuticos para utilização do setor público de saúde no país. Tais atividades usualmente envolvem o emprego de técnicas biotecnológicas mais tradicionais e difundidas, como processos fermentativos. Por sua vez, o CTA realiza pesquisas com compostos derivados de substâncias tóxicas naturais, particularmente aqueles presentes em venenos de animais peçonhentos, com potencial aplicação como antihipertensivos e bloqueadores de receptores de membrana plasmática (Gadelha, 2002).

A Fundação Oswaldo Cruz, tal como o Butantan, foi instituída para o combate de algumas epidemias que se manifestavam na cidade do Rio de Janeiro no início do século XX, com

destaque para a peste bubônica, catapora e febre amarela. A maioria de suas atividades de pesquisa em biotecnologia se concentra em Bio-Manguinhos e, tal como o instituto paulista, desempenha papel chave na produção e pesquisa de produtos ligados à saúde humana. As compras governamentais efetuadas pelo Ministério da Saúde correspondem à sua fonte de recursos de maior regularidade, ainda que estes sejam quantitativamente inferiores ao montante alocado mediante a celebração de convênios com instituições e organismos internacionais.

A atuação da FIOCRUZ tem se concentrado nos últimos anos, além da pesquisa, na produção de vacinas contra a meningite A e C, sarampo, poliomielite e febre amarela. De forma análoga, Silveira *et alii* (2001) destacam ainda a produção de reativos e kits para diagnósticos de moléstias como a leishmaniose, leptospirose, hanseníase, sarampo, rubéola, hepatite e AIDS. A Fundação mantém ainda convênios com instituições de pesquisas de várias partes do mundo. Conforme apontam Salles-Filho *et alii* (2000), em 2000 a instituição mantinha 56 convênios internacionais, parte deles com organismos internacionais como a OMS, UNESCO e UNAIDS.

O Instituto de Tecnologia do Paraná (TECPAR) é uma organização pública que produz vacinas animais e humanas no país, embora sua principal especialização se concentre na área animal (Silveira, Fonseca & Dal Poz, 2004). Sua linha de produtos inclui vacinas e substâncias diagnósticas *in vitro* e *in vivo*, tendo como principais clientes o Ministério da Saúde e o Ministério da Agricultura.

Por sua vez, o Instituto Ludwig é uma instituição internacional de pesquisa que possui laboratórios nos Estados Unidos, Europa e Japão, e representa importante agente financiador à parceria científica com a comunidade médico-acadêmica da USP e UNIFESP. Suas principais atividades se relacionam a pesquisas em genética e genômica, com destaque para o projeto Genoma Humano do Câncer, que conta com cerca de um milhão de bases depositadas no GenBank, realização de testes clínicos de *kits* diagnósticos de expressão gênica do câncer, desenvolvimento de biotecnologias de *microarray* de DNA e outras.

Ainda que não sejam abordadas de forma detalhada outras instituições e atores chave na pesquisa em saúde, o sistema de inovação em biotecnologia é ainda composto por um conjunto de atores regionais importantes, caso do Instituto do Coração (INCOR), Hospital Albert Einstein, Instituto Nacional do Câncer (INCA), Instituto de Medicina Tropical, Laboratório de

Imunopatologia Keiso Asami (LIKA/UFPE) e centros de pesquisa na Bahia, Pernambuco e Minas Gerais, dentre outros.

Instituições-Chave em Biotecnologia na área Agrícola

No que se refere ao âmbito agrícola, Assad & Henriques (2004) destacam um cenário de desenvolvimento bastante robusto, em que prevalecem avanços nos segmentos de cultura de tecidos e micropropagação, bem como técnicas de crescimento com base em marcadores moleculares controle de pestes, conservação de germoplasma *in vitro*, transformação genética de plantas e biologia molecular. Destaca-se ainda o fato de que 175 laboratórios brasileiros fazem parte da Rede de Cooperação Técnica em Biotecnologia Vegetal na América Latina e Caribe (REDBIO). Observa-se tanto no Brasil como demais países latino-americanos a importância destacada à questão agrícola, em decorrência do forte impacto econômico do agronegócio nas economias desta região.

A Embrapa corresponde à principal instituição em biotecnologia agrícola no país, e conta com 37 centros de pesquisa e três unidades de serviços, atuando em todos os ecossistemas brasileiros (Embrapa, 2003). Cabe-lhe ainda a coordenação do Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA), constituído por 17 Organizações Estaduais de Pesquisa (OEPAs), centros privados e o sistema universitário de pesquisa e pós-graduação vinculado ao desenvolvimento do agronegócio brasileiro (Ávila *et alii*, 2002). De acordo com Silveira *et alii* (2001), são destacadas as atividades desenvolvidas em sua unidade de Recursos Genéticos e Biotecnologia (antigo CENARGEN), bem como os trabalhos desenvolvidos nas unidades Cerrados, Arroz e Feijão, Milho e Sorgo, Soja e Trigo. Juntamente a empresas, universidades e instituições de pesquisa, tais unidades têm desenvolvido projetos e tecnologias que possibilitaram a composição de novas variedades e cultivares geneticamente modificados, análises de diversidade genética, *fingerprints*, pureza de híbridos, utilização de marcadores de desempenho e polimorfismos. É conveniente mencionar ainda que a unidade Recursos Genéticos e Biotecnologia comporta o maior banco de germoplasma tropical do mundo, criado em 1974 e atuando na conservação, documentação e redistribuição dos patrimônios genéticos animal, vegetal e de microorganismos (Rech, 2000; Sardenberg, 2000).

Não obstante a importância da Embrapa no tocante ao avanço do conhecimento, pesquisa básica, adaptação autóctone de tecnologias desenvolvidas em outros países e desenvolvimento

tecnológico, é pertinente mencionar os avanços ora alcançados no que tange a pesquisas envolvendo organismos geneticamente modificados. De acordo com Valois (2001), sobressaem estudos relacionados à elevação da resistência do feijão a vírus e insetos, soja tolerante a herbicidas e aridez, algodão com resistência a insetos, batata e mamão resistentes a vírus, alface com resistência a fungos, produção de hormônios de crescimento, brachiária para clonagem de plantas por sementes e desenvolvimento de sistemas de transformação genética. No que se refere à biotecnologia animal, indica-se a produção do primeiro bovino obtido mediante embriões *in vitro* e o primeiro clone brasileiro realizado por transferência nuclear, no ano de 2001.

Em âmbito regional, o Instituto Agrônomo (IAC) também tem demonstrado grande competência no desenvolvimento de processos e produtos baseados em biotecnologia. Conforme apontam Silveira *et alii* (2001), o IAC proporcionou nos últimos anos o melhoramento genético de mais de uma dezena de culturas, com destaque para os grandes grupamentos de hortaliças, café, cana-de-açúcar, citros, algodão e graníferas. Ações recentes realizadas no âmbito dos Projetos Cana, Citros e Café têm viabilizado avanços nas áreas mais sofisticadas de genômica e biologia molecular. Além do IAC, sobressaem ainda em termos regionais a Copersucar, Fundecitrus, IAPAR, COODETEC, empresas – Monsanto, Syngenta – e centros regionais localizados em várias regiões do país, como Rio Grande do Sul, Caxias do Sul e outras (Fonseca, Dal Poz & Silveira, 2004).

O Parque Nacional das Empresas de Biotecnologia no País

A análise de um sistema de inovação não pode se eximir de apresentar um quadro relativo às empresas que nele circunscritas. A este respeito, observa-se no Brasil uma célere expansão a partir da década de 90. Conforme apontam Ferrer *et alii* (2004), estas se elevaram de 76 em 1993 para 304 em 2001. Deste número, cerca de 70% são privadas, 25% são multinacionais e o restante são empresas públicas. Estima-se que este número possa ser substantivamente elevado pela expansão do mercado farmacêutico nacional, que ocupa a 11^a posição global em volume de vendas e também pela aprovação, no escopo da Lei de Inovação, de um dispositivo que permite que pesquisadores e cientistas vinculados ao setor público possam se ausentar para tomar parte ou criar uma empresa, a exemplo do modelo de cientista-empresendedor norte-americano.

O estudo realizado pela Fundação Biominas em 2001 se caracteriza como o mais abrangente realizado no país com vistas a dimensionar o parque nacional de empresas de biotecnologia. Tal estudo indicou a existência de 304 empresas, expressas no Quadro 3.5.

Quadro 3.5– Distribuição Estadual e Regional de Empresas de Biotecnologia no Brasil em 2001, em número e percentagem

Estados	Empresas Identificadas	
	Número	(%)
REGIÃO SUDESTE	246	81
São Paulo	129	42
Minas Gerais	89	29
Rio de Janeiro	28	9
REGIÃO SUL	27	9
Paraná	16	5
Rio Grande do Sul	8	3
Santa Catarina	3	1
REGIÃO CENTRO-OESTE	16	5
Brasília	10	3
Goiás/Mato Grosso do Sul	6	2
REGIÃO NORTE E NORDESTE	9	3
Pernambuco	5	1.7
Bahia	2	0.7
Paraíba	1	0.3
Belém	1	0.3
EMPRESAS COM IDENTIFICAÇÃO INCOMPLETA	6	2
TOTAL	304	100

Fonte: Fundação Biominas (2001)

As informações disponíveis no Quadro 3.5 revelam a predominância da Região Sudeste, concentrando 81% de todo o universo, com destaque para os Estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. Ao Sudeste se seguem a Região Sul, Centro-Oeste, Norte e Nordeste, cujos percentuais são de 9%, 5% e 3%, respectivamente. O referido estudo também se mostrou profícuo em revelar vocações regionais de pesquisa, aspecto destacado no Quadro 3.6.

Quadro 3.6 – Distribuição Estadual de Empresas de Biotecnologia no Brasil em 2001 por segmento de atividade, em número e percentagem

Segmentos de Mercado	(%)		Segmentação Regional (%)				
			São Paulo	Minas Gerais	Rio de Janeiro	Paraná	Distrito Federal
Saúde Humana	74	23	27	45	16	5	-
Saúde Humana, Vegetal e Animal	14	4	36	43	-	-	14
Saúde Animal	14	4	21	43	-	7	-
Agronegócio	37	12	35	22	8	13.5	13.5
Meio Ambiente	14	4	14	64	14	-	7
Instrumental Complementar	11	3	45	18	-	9	9
Química Fina/Enzimas	18	6	28	5.5	-	5.5	-
Biomateriais, Biomedicina e Consultoria	15	5	13	60	7	-	-
Fornecedores Especializados	51	17	76	16	2	2	-
Multinacionais, Empresas Públicas, Fármacos e Genéricos	66	22	53	11	14	4	1.5
TOTAL	304	100	42	29	9	5	3

Fonte: Fundação Biominas (2001)

A observação do Quadro 3.6 revela uma concentração da ordem de 75% das empresas do setor de biotecnologia em quatro áreas principais, a saber: saúde humana (23%), empresas públicas, multinacionais, fármacos e genéricos (22%), fornecedoras de equipamentos e insumos (17%) e agronegócios (12%). Em termos de distribuição regional, observa-se ainda que os Estados de São Paulo e Minas Gerais concentram a quase totalidade (92%) do segmento de fornecedores (92%), saúde humana, animal e vegetal (79%), meio ambiente (78%) e saúde humana (72%). Apenas o Estado de São Paulo responde por 76% das empresas fornecedoras, 53% do segmento empresas multinacionais, públicas e outras, 45% de instrumental complementar e 35% das empresas ligadas ao agronegócio. Minas Gerais denota maior vocação nos segmentos de saúde humana, saúde humana, vegetal e animal e saúde animal, respondendo respectivamente por 45%, 43% e 43% das empresas. De forma análoga, o Estado possui 60% das empresas de biomateriais, biomedicina e consultoria, bem como 64% das empresas ligadas ao meio ambiente. O Rio de Janeiro se destaca nos segmentos de saúde humana e meio ambiente (16% e 14% das empresas). Finalmente, Estados como Paraná e Distrito Federal guardam atuação mais destacada no agronegócio, com 13,5% das empresas do setor no país.

Um limitante à expansão do número de empresas de biotecnologia no país diz respeito ao pequeno número de incubadoras existentes no país, das quais a Biominas emerge como o maior e mais bem sucedido destes empreendimentos. De acordo com Assad & Henriques (2004), apesar da existência de quatro parques tecnológicos e cerca de uma centena de incubadoras no país, poucas destas estão oficialmente vinculadas a universidades, e apenas quatro destas se dedicam exclusivamente à biotecnologia. Ainda que estas sejam poucas, Judice (2004) aponta que as mesmas foram responsáveis pela criação de 58 empresas, a maior parte delas em Minas Gerais (26 empresas). No Distrito Federal e Região Nordeste as empresas incubadas respondem, respectivamente, por 80% e 44% das empresas existentes, evidenciando a contribuição significativa de incubadoras no desenvolvimento da biotecnologia em áreas menos dinâmicas.

O estudo realizado pela Fundação Biominas apontou ainda que mais da metade das empresas (56%) possuíam faturamento de até R\$ 2 milhões/ano, embora existam também grandes empresas cujo faturamento anual é da ordem de R\$ 300 milhões. Refletindo o caráter de incerteza deste setor, 8% das empresas afirmaram não terem obtido qualquer faturamento, o que se deve em parte pelo fato de constituírem *start ups* pequenas e recentes. Apenas 11,9% das empresas

contempladas no estudo afirmaram realizar desenvolvimento tecnológico próprio, prevalecendo em geral o licenciamento e comercialização de produtos e tecnologias desenvolvidas em outros países e empresas. No entanto, 93% das empresas afirmaram possuir relações formais ou informais com universidades e institutos públicos e privados de pesquisa.

O baixo dinamismo destas empresas no que se refere a desenvolvimento autóctone de tecnologias se reflete na observação das patentes depositadas pelas mesmas. Na ocasião do estudo aferiu-se um total de 47 patentes, das quais 21 já haviam sido concedidas e 26 estavam em fase de análise. Contudo, constatou-se que do universo de 304 empresas apenas 15 realizaram pedidos de patentes, das quais apenas uma foi responsável por 13 solicitações (Fundação Biominas, 2001).

3.4 Biotecnologia Moderna, Genômica e Desafios para o Sistema de Inovação em Biotecnologia no Brasil

A contribuição do setor público foi estrutural para viabilizar a evolução da biotecnologia no país em direção à fronteira tecnológica da biotecnologia, mormente em campos de engenharia genética, biologia molecular e, mais recentemente, biologia sintética. Destaca-se a instituição do Programa Genoma, iniciado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) em 1997, com vistas a desenvolver competências em genômica e sequenciamento genético.

O organismo inicialmente escolhido para esta ação foi um fitopatógeno bastante comum na citricultura brasileira, a *Xylella fastidiosa*, causadora da Clorose Variegada dos Citros (CVC), vulgarmente denominada “amarelinho” (Valle, 2002; Valle & Bonacelli, 2002; Harvey & McMeekin, 2003). A importância desta ação pode ser mensurada pelo fato de ter se constituído o primeiro programa completo de sequenciamento de um organismo vivo fora do eixo Estados Unidos-Europa-Japão (Revista Fapesp, vol.50.2000).

Dentre os aspectos de destaque neste Programa, soergue-se o modelo de organização em rede. O sequenciamento da *Xylella fastidiosa* contou com um núcleo de coordenação, cerca de 30 laboratórios de sequenciamento e um de laboratório de bioinformática. Lançou-se mão de uma estrutura de pesquisa leve e flexível, materializado por um “instituto virtual” de pesquisa, o ONSA (*Organization for Nucleotide Sequencing and Analysis*), que viabilizava a cooperação

entre pesquisadores de distintos laboratórios, dividindo experiências, resolvendo problemas, aproveitando-se das sinergias decorrentes da organização do trabalho sob a forma de uma grande rede de inovação (Bonacelli, Assad & Salles Filho, 2002).

Os resultados positivos advindos desta ação findaram por estimular a Fapesp a ampliar seu programa de genômica, culminando em uma ampla gama de novos estudos, expostos no Quadro 3.7.

Quadro 3.7 – Síntese de Estudos Genômicos realizados no escopo do Programa Genoma Fapesp

Projeto	Descrição
<i>Xylella Fastidiosa</i>	Projeto que alçou o país à condição de pioneiro no sequenciamento de um fitopatógeno, realizado em parceria com o Fundecitrus, concluído em 1999;
Genoma Cana	Iniciado em 1998, identificou 50 mil genes da cana-de-açúcar para descobrir genes envolvidos com seu desenvolvimento, produção e teor de açúcar na planta, assim como sua resistência a doenças e condições adversas de clima e solo;
Genoma Humano do Câncer	Possibilitou a identificação de um milhão de seqüências de genes de tumores mais freqüentes no Brasil. Em consequência, foi criado o projeto Genoma Clínico do Câncer, que visa desenvolver novas formas de diagnóstico e tratamento do câncer a partir do estudo de genes expressos;
<i>Xanthomonas citri</i>	Concluído em 2002, mapeou variantes da bactéria que causa o cancro cítrico e atacam outros vegetais
Projeto Forests	Visa o sequenciamento de parte do genoma do eucalipto, com o objetivo de melhorar a matéria-prima utilizada na produção de celulose e papel
<i>Schistosoma mansoni</i>	Em julho de 2002 foi concluída a identificação de 200 novos genes associados aos estágios de vida deste parasita, causador da esquistossomose, que abriu novas perspectivas para o combate à doença
<i>Leifsonia xyli</i>	Concluído em junho de 2002, esta bactéria ataca a cana-de-açúcar e reduz em até 27% a biomassa aproveitável para a produção de açúcar e álcool.
Genoma Funcional do Boi	Projeto iniciado em maio de 2002, em parceria com a Central Bela Vista Genética Bovina;

Fonte: Silveira *et alii* (2004)

A partir de 2000, foi criado o subprograma Genomas Agronômicos e Regionais (AEG), concebido em meio ao sequenciamento de uma variedade de *Xylella* que ataca cultivos de videiras, juntamente ao Departamento de Agricultura dos Estados Unidos. Também no âmbito do AEG foram estudadas variantes desta bactéria que atacam a amendoeira, oleandro, bem como o genoma do café arábica, mediante o sequenciamento de 155 mil seqüências de genes, em consórcio realizado pela Fapesp, Embrapa e Instituto Agronômico e o mapeamento genômico da *Leptospira interrogans*, bactéria causadora da leptospirose.

A ampliação do Programa Genoma da Fapesp implicou até 1999 investimentos estimados em cerca de US\$ 35 milhões, a maioria destes recursos despendida pela Fapesp. Devem ser considerados ainda investimentos da ordem da US\$ 1 milhão aportados pelo Fundecitrus, o Instituto Ludwig, que alocou cerca de R\$ 5 milhões para o Genoma-Câncer e a Copersucar, que despendeu recursos de US\$ 500 mil para o Genoma-Cana (Revista Genoma Fapesp, vol. 50, 2000).

A fim de possibilitar melhores condições de aproveitamento das descobertas proporcionadas nestes estudos, a Fapesp criou ainda a Rede de Biologia Molecular Estrutural (SMOLBnet), em parceria com a Associação Brasileira de Tecnologia Luz Síncroton (ABTlus) e mais 16 grupos de pesquisa ligados a diferentes instituições, como a Universidade de São Paulo (USP), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto Butantan e Instituto Adolfo Lutz. O objetivo desta rede é a análise funcional e estrutural dos diversos projetos de sequenciamento

genético inseridos no Programa Genoma. Pretende-se com isto uma ampliação da capacidade instalada e competência nacional no campo da genômica e proteômica, elevando o potencial nacional no segmento de biologia molecular estrutural.

Partindo do modelo e estrutura adotados pela Fapesp em seu programa genômico, o MCT instituiu em 2000 o Programa Genoma Brasileiro (PGB), que buscou replicar, em âmbito nacional, as atividades empreendidas pela Fapesp em São Paulo. Nestes termos, foram montados, mediante o lançamento de um edital público, 25 laboratórios de biologia molecular nas diversas regiões do país, bem como o fortalecimento do Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC), por meio de edital voltado à bioinformática. Em uma primeira etapa, voltada à formação e capacitação de recursos humanos nas técnicas da genômica, foi escolhido um único organismo para análise, de modo a propiciar interação e sinergias. Em virtude de suas potenciais aplicações no setor industrial, farmacológico e ambiental optou-se pelo sequenciamento da *Chromobacterium violaceum*, bactéria presente na região amazônica e, no presente momento, do *Mycoplasma synoviae*, agente causador de doenças endêmicas em aves e entrave importante ao crescimento e desempenho externo do agronegócio brasileiro.

Ao mesmo tempo em que se estimulam estudos de caráter genérico, o programa do MCT manifestou um desdobramento importante, relacionado à análise genômica de organismos associados a aspectos de maior importância regional e gerando *spill overs* decorrentes da aproximação e interação de grupos promissores aos núcleos de maior excelência, para que estes ajam como multiplicadores de conhecimentos e competências. Imbuído deste propósito, o MCT fomentou a composição de oito redes regionais/estaduais de pesquisa, expressas no Quadro 3.8.

Quadro 3.8– Redes Genômicas Regionais e Projetos Contemplados

Rede Genômica/Região	Projeto
Rede da Amazônia Legal de Pesquisas Genômicas	Análise genômica da espécie <i>Paullinia culpana</i> (guaranazeiro)
Rede Genoma do Nordeste (ProGeNe)	Sequenciamento do <i>Leishmania chagasi</i> , parasita da Leishmaniose
Rede Centro-Oeste	Genoma funcional e diferencial de <i>Paracoccidioides brasiliensis</i>
Rede Genoma da Região Sul	Sequenciamento e genoma funcional do <i>Mycoplasma hyopneumoniae</i>
Rede Genoma de Minas Gerais	Sequenciamento e genoma funcional do <i>Schistosoma mansoni</i> , parasita da esquistossomose
Rede Genoma do Paraná (GenoPar)	Genoma estrutural e funcional da bactéria fixadora de nitrogênio endófitica <i>Herbaspirillum seropedicae</i> ; Genômica funcional do processo de diferenciação celular do <i>Trypanosoma cruzi</i> , seleção e caracterização de novos genes e análise de novos alvos quimioterápicos;
Rede Genômica do Rio de Janeiro (RioGene)	Sequenciamento do genoma do <i>Gluconacetobacter diazotrophicus</i>
Rede Genoma da Bahia	Genoma do fungo <i>Crinipellis perniciosus</i> , causador da doença Vassoura de Bruxa nos cultivos de cacau

Fonte: CNPq (2005)

É importante mencionar que o Programa Genoma Brasileiro corresponde a parte de um programa mais amplo, o Programa Nacional de Biotecnologia e Recursos Genéticos. Este tem como objetivo central o estreitamento e consolidação de um sistema nacional de inovação em biotecnologia, aumentando o fluxo de inovação e canalizando a produção e comercialização de resultados de pesquisas ao setor produtivo e sociedade. Desta forma, o programa tem o mérito não apenas de estimular discussões e ações de cunho mais holístico e sistêmico, mas também um foco que contemple o médio prazo, contemplando o desenvolvimento da biotecnologia no horizonte de dez anos. Isto se alinha à própria dinâmica da biotecnologia, que presume um horizonte temporal mais dilatado para a maturação dos investimentos e a obtenção de resultados mais expressivos.

Os recursos financeiros empregados no sistema de inovação em biotecnologia no país derivam sobretudo do Orçamento Geral da União, e estão discriminados no PPA em exercício neste momento (PPA 2004-2007). Em sua totalidade, tais recursos perfazem o montante de aproximadamente R\$ 150 milhões, dos quais cerca de R\$ 123 milhões fazem parte do orçamento do MCT e o restante (R\$ 27 milhões) compõem o orçamento do Ministério do Meio Ambiente e Ministério da Integração Nacional (MCT, 2003b).

O investimento público em biotecnologia foi alavancado nos últimos anos pela instituição do Fundo Setorial de Biotecnologia (CT Biotecnologia), criado pela Lei nº 10.332 de dezembro de 2001. Seus recursos são provenientes de 7,5% dos recursos obtidos por meio da CIDE, cuja arrecadação advém de alíquota de 10% sobre a remessa de recursos ao exterior para pagamento de assistência técnica, *royalties* e serviços técnicos especializados. O dispêndio de recursos do

CT Biotecnologia é estimado em R\$ 61.640.000 entre os anos de 2004 e 2007 e estão assim distribuídos: R\$ 13.000.000 em 2004; R\$ 14.700.000 em 2005; R\$ 16.160.000 em 2006 e R\$ 17.780.000 em 2007 (MCT, 2003b). Deste modo, a somatória de recursos no período 2004-2007 no campo da biotecnologia, somando-se os recursos orçamentários provenientes do OGU para o PPA mais aqueles disponibilizados perfaria o montante de R\$ 210 milhões.

Cumprе mencionar que a despeito do melhoramento proporcionado por este Fundo, é latente o problema de financiamento à biotecnologia no país. Não obstante a limitação de recursos, observa-se ainda a conformação de reservas de contingência. O montante inicialmente previsto para o CT Biotecnologia no ano de 2004 era de cerca de R\$ 23 milhões, dos quais R\$ 10 milhões foram retidos na referida rubrica.

Por sua vez, o investimento privado se mostra mais tímido do que o público. Para amenizar este quadro, tem-se buscado estimular a ação do capital de risco para a C&T. Destacam-se neste universo o Programa Inovar, empreendido por MCT e Finep e o Programa de Capacitação de Empresas de Base Tecnológica, mantido pelo BNDES. O Inovar foi lançado em 1999 e tem como objetivos contribuir para o crescimento e consolidação de empresas de base tecnológica (EBT), aumentar o investimento privado nestas empresas e estimular a criação de novas *start ups*. As atividades contempladas neste projeto estão consubstanciadas nas seguintes ações: Incubadora de Fundos Inovar; Fundo Brasil *Venture*; Portal *Venture Capital* Brasil; *Venture* Fórum Brasil, Rede Inovar e Capacitação de Agentes de Capital de Risco.

Em relação ao BNDES, o referido programa foi concebido em 1988, constituindo-se em uma das primeiras experiências no país em termos de financiamento da inovação com capital de risco. De acordo com Pacheco (2003), foram aplicados até 2000 recursos de US\$ 44.17 milhões, sendo a biotecnologia o terceiro campo em termos de investimento, com 11,5% deste montante. Deve-se destacar ainda o Fundo Tecnológico (FUNTEC), constituído pelo BNDES para apoiar financeiramente projetos ou programas de natureza tecnológica nas modalidades reembolsável, não reembolsável e participação acionária. Ainda em relação ao capital de risco, Pacheco (2003) destaca a criação pelo Governo Federal de um mercado privado de *venture* e *equity*, regulamentado pela Comissão de Valores Mobiliários (CVM) no âmbito dos Fundos Mútuos de Investimentos em Empresas Emergentes – FMIEE.

Alude-se também que, ainda que de forma conservadora, grandes conglomerados privados começam gradativamente a realizar investimentos diretos em empresas emergentes de biotecnologia. O Grupo Votorantim instituiu o núcleo *Votorantim Novos Negócios*, fundo criado em 2000 com previsão de investimentos de US\$ 300 milhões, voltado ao investimento e fomento a empresas tecnologicamente inovadoras, com alto potencial de crescimento e rentabilidade. Esta vertente aloca recursos em oito empreendimentos, três dos quais ligados à biotecnologia, quais sejam: a *Alellyx Applied Genomics*, que exerce atividades em sequenciamento de genoma e genômica aplicada; a *Scylla*, fabricante de *softwares* para gerenciamento de dados para o sequenciamento de genoma via internet e a *Canavialis*, que lida com o melhoramento genético da cana-de-açúcar mediante o desenvolvimento de novas variedades, extensão e aconselhamento varietal.

Aos problemas de financiamento do setor público e privado somam-se outros desafios ao espessamento e evolução do sistema nacional de inovação em biotecnologia, quais sejam, o perfil das políticas de C&T, as condições gerais de infra-estrutura e a formação de recursos humanos, o ambiente regulatório e a atuação das empresas.

Em relação às políticas de suporte ao desenvolvimento da C&T, notabiliza-se o caráter esparso e descontínuo de grande parte das ações, motivado sobretudo por mudanças administrativas e nos *policymakers* e pelo baixo estoque de recursos disponíveis para investimento. Ao mesmo tempo, demanda-se um conjunto de políticas mais seletivas, que foquem de maneira objetiva os principais gargalos e aspirações dos segmentos que compõem o campo da biotecnologia.

As discussões empreendidas no Fórum de Competitividade da Cadeia de Biotecnologia, coordenado por MDIC e MCT e composto por agentes do setor privado, acadêmico e governo, têm buscado maior identidade entre este campo e as diretrizes gerais da PITCE, tendo como metas o aumento da capacitação para inovação na indústria, inserção externa e expansão das exportações, valorização de recursos naturais e biodiversidade brasileira mediante a ordenação de “pilares de sustentabilidade”, que incorporam elementos como marcos regulatórios, investimentos, capacitação de recursos humanos e infra-estrutura, bem como análises setoriais nos campos da agricultura, saúde humana e indústria química.

No que diz respeito à infra-estrutura, Couri (2004) destaca que a despeito dos avanços proporcionados em programas como o PADCT e PRONEX e atuação da Finep, em âmbito federal, e também de fundações estaduais – FAPESP, FAPERJ, FAPEMIG e outras – o cenário brasileiro é de pauperização e forte concentração de equipamentos de grande porte nas regiões Sul e Sudeste, que dispõem de cerca de 90% do total existente no país. Ao mesmo tempo, identificam-se lacunas na manutenção de equipamentos, escassez de materiais básicos de consumo e reagentes e severos entraves burocráticos no processo de importação, ocasionando lentidão na aquisição de bens e serviços e elevação dos custos finais.

Em relação à formação de recursos humanos, ainda que o Quadro 3.4 evidencie o vasto número de pesquisadores, linhas e grupos de pesquisa existentes no país, permanecem distorções tais como a forte concentração regional, o baixo número de cursos de mestrados profissionalizantes e carências em segmentos altamente especializados. Com efeito, Batalha *et alii* (2004) destacam que a concentração de profissionais no Sul e Sudeste dificulta o aproveitamento de vocações e particularidades regionais, o que justificaria a adoção de programas de estímulo ao deslocamento de recém-doutores para as regiões Norte e Nordeste, a exemplo de programas como o PROFIX e a Rede Nacional de Genômica.

A ampliação da oferta de cursos de mestrados profissionalizantes poderia minimizar o fato de que a grande maioria dos programas de pós-graduação se voltam à atuação na área acadêmica, tornando mais difícil a absorção de profissionais pelo setor privado. Ao mesmo tempo, Silveira *et alii* (2004) registram a carência de recursos humanos em segmentos especializados como bioinformática, engenharia de bioprocessos, sequenciamento genético, bem como assessoria jurídica e propriedade intelectual, valoração da biodiversidade e gestão administrativa e financeira em biotecnologia.

A concertação de um marco regulatório ágil, eficiente e transparente é elemento crítico para a definição de um ambiente institucional apropriado ao desenvolvimento da biotecnologia. No caso brasileiro, aspectos que têm merecido destaque nos últimos anos re relacionam à biossegurança, direitos de propriedade intelectual e acesso aos recursos genéticos.

No que tange à biossegurança, destaca-se inicialmente o longo período demandado até que o país estabelecesse um marco regulatório neste segmento. Apesar da aprovação da Lei nº

11.105/05, convive-se na atualidade com um processo ainda abstruso para a realização de estudos experimentais e comercialização, bem como atividades de pesquisa e desenvolvimento. Desta forma, o processo de liberação de cultivos para estudo ou comercialização pode permanecer lento e incerto, comprometendo e desmotivando a ação de pesquisadores e empresas.

Em consonância à lei de biossegurança permanecem outras incertezas regulatórias, vinculadas à regulamentação do acesso à biodiversidade brasileira e de produtos como fármacos, produtos de diagnóstico e biomateriais. A ausência de uma regulamentação mais avançada e eficiente no acesso a recursos genéticos prejudica a utilização dos mesmos (dada a indistinção entre uso e coleta de recursos), as atividades de bioprospecção e o combate à biopirataria.

No que concerne aos direitos de propriedade intelectual, observa-se no caso brasileiro uma posição ambígua, em que se busca atender simultaneamente às exigências do TRIPS e das demandas definidas pela Convenção de Diversidade Biológica. No entanto, observa-se entre estes possíveis conflitos, relacionados àquilo que é ou não passível de patenteamento, a quem pertence o direito à patente e o nível de detalhamento do objeto a ser patenteado (Dal Poz, Silveira & Fonseca, 2004). Ao mesmo tempo, o fato de a pesquisa em biotecnologia no Brasil se aproximar de padrões científicos internacionais e de fronteira tecnológica insere o Brasil em uma posição dúbia, na qual a capacidade científica e tecnológica instalada em centros de pesquisa e aquela que vem sendo alcançado por meio de projetos cooperativos em redes como os da Fapesp e do MCT insere o país no grupo que pode alterar o padrão da competitividade agroindustrial com base em genômica e proteômica, tornando evidente a necessidade de se buscar um arranjo passível de incorporação destas questões.

Finalmente, a atuação das empresas se converte em um desafio, na medida em que se depara com uma postura bastante conservadora e avessa a riscos. Isto expressa não apenas a cultura empresarial latente à maior parte das empresas nacionais, mas também condições institucionais pouco favoráveis a ações mais pró-ativas, como a ausência de instrumentos facilitados de financiamento e intermediação financeira, entraves burocráticos ao licenciamento e transferência de tecnologias, morosidade nos marcos regulatórios e lacunas no sistema de propriedade intelectual. Isto se reflete em baixos graus de investimento, execução de atividades de P&D e limitada absorção de recursos humanos qualificados.

Em linhas gerais, depreende-se pois que o sistema nacional de inovação em biotecnologia no Brasil se associa ao modelo de mercados coordenados, a exemplo do que acontece em países como Alemanha, Suécia e França. Nestes termos, nota-se que não obstante a necessidade de investimento privado e atuação das empresas, a ação do Estado e a institucionalização de políticas e ações de suporte a este sistema são os elementos mais marcantes de seu desenvolvimento. O papel desempenhado por universidades, institutos públicos de pesquisa, bem como ações concertadas pelo Estado, tal como o Programa Genoma Brasileiro, a formação e absorção de profissionais em biotecnologia ilustram sua importância neste campo.

Ao mesmo tempo, tem-se buscado criar mecanismos de indução que aproximem esta dinâmica àquela verificada em mercados livres, como Estados Unidos e Grã-Bretanha. Isto supõe esforços na constituição de marcos regulatórios mais flexíveis no âmbito da biossegurança e demarcação de direitos de propriedade intelectual, na formação de mercados de capitais e *seed money*, de modo a incentivar o empreendedorismo empresarial.

Não obstante os avanços e mecanismos adotados pelo Estado com vistas à consolidação do SNIB, prevalecem ainda gargalos e desafios que demandam equacionamento e mitigação. O próximo capítulo abordará estas questões com maior densidade, a partir da formulação de cenários para a evolução do SNIB.

4º Capítulo – Prospecção Tecnológica e Cenários: Perspectivas para a Biotecnologia no Brasil

Este capítulo conforma, a partir de uma análise prospectiva, possíveis cenários e perspectivas para o sistema nacional de inovação em biotecnologia no país, culminando na exposição de suas principais forças e fraquezas (diagnóstico endógeno), ameaças e oportunidades e seu desenvolvimento (diagnóstico exógeno). Para isto, optou-se pela segmentação em quatro seções, que focalizam referenciais teóricos das técnicas de prospecção tecnológica, a metodologia adotada na concepção e a apresentação dos referidos cenários.

A primeira seção ressalta a emergência e o papel de ferramentas de prospecção no desenvolvimento científico e tecnológico, com destaque para o *forecasting*, *foresight* e a *prospective*. A segunda discorre sobre as técnicas de cenários, com destaque para a abordagem proposta por Michel Godet, que constitui uma espécie de *benchmark* para tais abordagens e estudos. A terceira seção expõe a metodologia de cenários adotada neste trabalho, identificando o conjunto de incertezas críticas incorporado ao estudo. Finalmente, a quarta seção descreve cenários e indicadores, culminando em uma análise SWOT.

4.1 Prospecção e Desenvolvimento Científico e Tecnológico

A complexidade, interdisciplinaridade e incerteza inerentes à dinâmica e atividade científica e tecnológica suscitaram a gestação de um largo espectro de instrumentos e técnicas que tem por propósito analisar e intuir perspectivas de futuro e suas conseqüências. Estes recortes têm sido genericamente denominados “análise de tecnologias de futuro” (*Technology Future Analysis – TFA*) e se consubstanciam em abordagens que conformam processos sistemáticos de análise e concepção de características de tecnologias emergentes, rotas de desenvolvimento técnico e impactos potenciais futuros (Porter *et alii*, 2004).

A gênese de tais abordagens pode ser atribuída ao período compreendido entre o final da 2ª Guerra Mundial e a década de 70 (Carneiro da Silva, 2004). A emergência da chamada *Big Science* impulsionou condições de desenvolvimento metodológico e modelagem de estudos prospectivos capitaneados por órgãos militares responsáveis pela política de segurança nacional, cujas ações se voltavam à tentativa de se inferir estruturas de desenvolvimento tecnológico e suas

perspectivas de realização. Tais estudos eram norteados por modelos de crescimento e técnicas de extrapolação de tendências, como o *forecasting* e ferramentas como a análise morfológica, o *Delphi*, cenários e métodos multicritério (Malaska, 2000).

Coexistem no escopo das TFA distintas formas de conceber, analisar e intuir implicações acerca do futuro. O *forecasting* corresponde ao *mainstream* destas abordagens, e nos últimos anos verifica-se a emergência de outros recortes e instrumentos, tais como a *prospective* francesa e o *foresight* inglês, que se notabilizam pela tentativa de planejamento a partir da concepção e negociação de um futuro desejável, que se relaciona à institucionalização de processos formais de controle social dos rumos da C&T (Zackiewicz & Salles-Filho, 2001).

Segundo Martino (2003) e Linstone (2004), o *technological forecasting* tem suas origens no ano de 1949, quando o governo norte-americano dedicou esforços ao desenvolvimento de um instrumental voltado à exploração sistemática do futuro em suas prerrogativas tecnológicas, possibilitando a previsão e descrição da emergência, desempenho, características ou impactos de uma dada tecnologia em algum momento do futuro. Isto impulsionou o desenvolvimento de métodos exploratórios quantitativos, como modelos de extrapolação de tendências e indicadores de liderança e crescimento, bem como árvores de relevância, análises de fluxo de missões, descrição de cenários e Delphi, no que se refere à dimensão normativa.

Em linhas gerais, assume-se que o *forecasting* parte da prerrogativa que é possível o prognóstico e dedução de acontecimentos futuros em uma concepção determinista. Salles Filho, Bonacelli & Mello (2001) destacam que este denota inclinação à tentativa de inferência de predições, vicejando a construção de modelos para definir as relações causais do desenvolvimento científico e tecnológico, bem como esboçar cenários probabilísticos de futuro. O método de extrapolação de tendências é emblemático nesta perspectiva, na medida em que se baseia na conjectura de que os atributos técnicos geralmente avançam de uma forma ordenada no tempo, apresentando padrões de comportamento que delineiam tendências relativamente estanques e previsíveis, bastando a adoção de parâmetros adequados e a consideração de seu comportamento pretérito para a deflagração de padrões, tendências e aferição de taxas de mudança.

A relativa descrença em relação aos pressupostos e estudos fundamentados no *forecasting* se evidenciou a partir da década de 70, em virtude de suas limitações no gerenciamento de sistemas instáveis ou desconexos, que conduziram a políticas equivocadas em eventos como a Guerra do Vietnã e a crise do petróleo de 1973. Criticou-se ainda a falácia de neutralidade destes estudos, dado que os componentes de uma política são usualmente decorrentes de escolhas realizadas em relação a distintos métodos, sistemáticas e aceitação ou rejeição de seus resultados. Em consonância a este argumento, Godet (1993) assinala que a adoção de informações pretéritas como base para a predição do futuro se baseia em modelos instáveis, extrapolações inadvertidas e imprevisibilidades decorrentes da adoção de uma ótica linear e continuísta de tendências futuras.

As críticas ao *forecasting* impulsionaram a emergência de abordagens alternativas para a análise e estudo de tecnologias de futuro, como o *technological foresight* e a *prospective*, que supõem um argumento teleológico, a partir do qual se almeja e busca, mediante certa intencionalidade, uma possível manifestação do futuro, convertendo-se em algo mais aproximado a uma abordagem em perspectiva, ou mesmo panorâmica, contrariando uma prerrogativa fatalista. No âmbito tecnológico, aceita-se que o desenvolvimento depende de escolhas feitas por agentes no presente, em um processo não aleatório. Trata-se, enfim, de um processo social moldado por complexas interações entre o Estado e suas agências, universidades, institutos de pesquisa, empresas, mas que obedece a determinadas trajetórias (Coates *et alii*, 2001).

Em consonância a esta dinâmica, Zackiewicz (2003) destaca que a abordagem de *foresight* se identifica mais pela intenção de conceber coletivamente os avanços tecnológicos futuros sob a perspectiva dinâmica de sistemas de inovação e estruturas socioeconômicas do que constituir um instrumental prospectivo claramente delimitado e passível de utilização análoga quaisquer circunstâncias. Busca-se uma visão compartilhada acerca de quais seriam as demandas e campos mais promissores da ciência e tecnologia em um futuro, de modo a estabelecer prioridades ao mesmo tempo em que se articulam atores, agentes e condicionantes da competitividade e da melhoria de qualidade de vida da sociedade.

No que diz respeito à C&T, os estudos prospectivos têm sido adotados na promoção da criação de capacidade de organização de sistemas de inovação a partir de intervenções seletivas, com vistas à identificação de oportunidades e necessidades para o desenvolvimento futuro. Isto confere à prospecção um duplo caráter, convertendo-se ao mesmo tempo em uma ferramenta de

comunicação e análise do sistema de inovação e parte constituinte do mesmo, operando como mecanismo fortalecedor de suas conexões e valorizando a mobilização de atores, a construção de redes e a geração de consensos. Zackiewicz (2003) destaca ainda a crescente utilização de técnicas de *foresight* como instrumento para a alocação de fundos públicos de C&T, definição de prioridades de pesquisa e melhoramento da articulação das organizações de pesquisa com redes de inovação e setor produtivo.

A pluralidade de métodos e técnicas prospectivas ocasionou sua desagregação em “famílias” específicas. A este respeito, Gavigan & Scapolo (1999) sugerem a distinção entre *hard methods*, que compreenderiam métodos quantitativos, empíricos e numéricos, em contraponto aos *soft methods*, provenientes de análises e opiniões de especialistas mediante reflexões e compartilhamento de conhecimentos tácitos e codificados. Por seu turno, Miles *et alii* (2002) distinguem estas famílias segundo critérios exploratórios e normativos, em que os primeiros se caracterizariam pela análise do passado e presente, projetando o futuro de maneira heurística em suas distintas possibilidades, enquanto análises normativas adotariam como referência uma possibilidade pré-concebida de futuro, suscitando construir os elementos necessários à consecução do mesmo. Mais recentemente, Porter *et alii* (2004) propuseram uma classificação mais pervasiva, originando um largo espectro de famílias, conforme expresso no Quadro 4.1.

Quadro 4.1 – Famílias e Técnicas de Prospecção Tecnológica

Famílias	Métodos e Técnicas Incluídas
Criatividade	<i>Brainstorming</i>
Métodos Descritivos e Matrizes	Analogias Modelagem de Sistemas de Inovação Análise Morfológica <i>Technology Roadmapping</i>
Métodos Estatísticos	Bibliometria Análise de Correlação Matriz de Impacto Cruzado
Opinião de Especialistas	Delphi <i>Panels</i> <i>Workshops</i>
Monitoramento e Sistemas de Inteligência	Monitoramento Tecnológico Inteligência Competitiva
Análise de Tendências	<i>Long Wave Analysis</i> Extrapolação de tendências Técnicas de Regressão
Sistemas de Avaliação e Decisão	<i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP) Árvores de Relevância Análise e Decisão Multicritério
Cenários	<i>Prospective</i> <i>Scenario Simulation</i> Simulação de Sistemas

Fonte: Adaptado de Porter *et alii* (2004)

Não obstante as contribuições inerentes a cada uma das famílias expressas no Quadro 4.1, dar-se-á destaque à família de cenários, dado consistir este o instrumento metodológico adotado no presente trabalho. Informações mais pormenorizadas das demais famílias podem ser obtidas em autores como Linton & Walsh (2004), Rinne (2004), Santos *et alii* (2004), Linstone & Turoff (2002), Andersen (1997), Miles *et alii* (2002), Cagnin (2000), Porter *et alii* (1991), dentre outros.

4.2 Cenários Prospectivos: Dinâmica, Atributos e Aplicações

A técnica de cenários presume uma forma de analisar e apreender tendências futuras, com vistas a constituir esforços na busca de soluções e/ou antecipação a problemas complexos, mediante a prerrogativa de que o futuro começaria na atualidade e sua construção implica uma contínua reflexão e avaliação de um conjunto diverso e heterogêneo de possibilidades (Fahey & Randall, 1998). Por seu turno, Marsh (1998) destaca que o desenho de diferentes representações do futuro viabiliza a orientação da ação presente, condicionando a antecipação a oportunidades e ameaças à luz de futuros possíveis, inspirando ações e opções estratégicas diferenciadas.

Assim, cenários são definidos como instrumentos para ordenar percepções sobre futuros alternativos, sobre os quais basear-se-ão as decisões atuais, e fundamentam-se na tentativa de ilações de tendências dominantes e possibilidades de ruptura no ambiente que circunscreve

organizações e instituições (Wilson, 1998). De forma análoga, Schwartz & Ogilvy (1998) destacam sua aptidão em sistematizar procedimentos para se pensar o futuro de maneira eficiente, ensejando um procedimento sistemático à detecção de tendências prováveis de evolução em uma seqüência de intervalos temporais.

Conforme apontam Miles *et alii* (2002), os cenários podem apresentar uma natureza sincrônica, em que prevalece uma única imagem do futuro, ou diacrônica, sob a forma de uma seqüência de eventos múltiplos e desenvolvimento de tendências. Este recorte se assemelha à distinção existente entre cenários exploratórios e normativos (antecipatórios). Os cenários normativos se caracterizam pela configuração de um futuro desejado, exprimindo o compromisso de atores em relação à consecução de determinados objetivos, ou condições para que este possa se concretizar, expressando uma visão de futuro baseada na vontade de uma coletividade, que reflete seus anseios e expectativas e delinea suas aspirações em um dado horizonte temporal (Marcial, 1999).

Por seu turno, cenários exploratórios se distinguem pela concertação de um conjunto de futuros possíveis em um determinado contexto, mediante a simulação e desenvolvimento de condições iniciais pré-determinadas. Tais cenários são comumente indicativos de tendências passadas, sobre as quais são erigidos possíveis desdobramentos futuros. A proposição de cenários alternativos se dá com base na orquestração de combinações plausíveis de fatores condicionantes e um conjunto de variáveis dentro do limite de conhecimentos disponível e predizível.

De acordo com Miles *et alii* (2002), a elaboração de cenários normativos, porquanto constituem pontos de partida em direção a uma imagem projetada sobre o futuro, envolve a formulação de perguntas tais “Como?” (“*How*” *questions*), enquanto nos cenários exploratórios, em virtude de sua prerrogativa menos delineada e hipotética, prevalecem questões como “E se...?” (“*What if*” *questions*).

Há um conjunto de vantagens comumente atribuídas à utilização de cenários prospectivos, dentre as quais se destacam, grosso modo: preparar a empresa, organização ou sistema para as incertezas do futuro; apoiar o processo de tomada de decisão e formulação de objetivos e estratégias institucionais; identificar oportunidades e riscos decorrentes de alterações no ambiente

externo; prover um panorama holístico e sistêmico do futuro; viabilizar um exercício coletivo de antecipação de tendências futuras mediante um processo democrático e gerador de consenso.

No entanto, conforme apontam Porto & Arroio (2002), é preciso considerar que os cenários não constituem um fim em si, mas sim uma base para a reflexão e decisão acerca do futuro. Desta forma, exercícios de antecipação não consistem em uma atividade exclusivamente teórica ou especulativa, mas servem, antes de tudo, como subsídio para preparar a ação e tomada de decisão, na medida em que a elaboração de cenários ambiciona a concertação do futuro por meio da prática social de indivíduos, grupos e organizações.

Esta assertiva é corroborada por Godet (1993) e Heijden (1998), que elencam determinadas condições para que um cenário possa efetivamente se converter em um instrumento de análise prospectiva, quais sejam: ser plausível, isto é, revelar natureza lógica e encadeada em suas relações de causalidade; internamente consistentes, de forma que os eventos ocorridos no escopo de cada cenário sejam alinhavados por linhas de raciocínio lógicas e coerentes; relevantes para as preocupações ou o aproveitamento de oportunidades de uma organização ou arranjo; transparentes, com vistas a facilitar a apreensão de sua lógica e dinâmica, promovendo ainda uma visão singular e original dos temas e questões a que estão referidos.

Estas considerações legitimam o argumento de Miles *et alii* (2002), que sustentam a importância de elaboração e análise de cenários múltiplos, de modo a prospectar diferentes cursos e rumos para o desenvolvimento futuro. Dentre as vantagens da adoção de cenários múltiplos se encontra não apenas a gestação de um panorama mais dilatado a respeito do porvir, mas também evidenciar as formas pelas quais diferentes fatores e variáveis podem se inter-relacionar na modelagem do futuro.

Cumprido mencionar, no entanto, que a despeito de sua viabilidade na redução de incertezas e antecipação a contingências, os cenários não as eliminam completamente, dado ser esta uma prerrogativa inerente à dinâmica econômica, política e técnico-científica. A este aspecto, Ribeiro *et alii* (1997) destacam a existência de três categorias de incertezas: os riscos, incertezas estruturais e incertezas imprevisíveis. O primeiro grupo conforma situações em que as adversidades são relativamente suscetíveis de predição, haja vista tendências pretéritas, que tornam possível estimar a probabilidade de sua ocorrência. As incertezas estruturais ilustram

circunstâncias nas quais é possível intuir a possibilidade de sua manifestação mas, em virtude de seu caráter relativamente singular, não é possível inferir isto de forma probabilística. Finalmente, as incertezas imprevisíveis denotam conjunturas inéditas e impossíveis de conceituação prévia mesmo em exercícios prospectivos. Tais incertezas envolvem a demarcação de rupturas estruturais e, em virtude de sua idiosincrasia, não são considerados em uma análise de cenários.

Em virtude das peculiaridades, idiosincrasias e especificidades que compõem a natureza e dinâmica do processo de mudança técnica e científica, não é possível a demarcação de um único modelo para a concertação de cenários prospectivos. Os pressupostos elencados por Godet (1993; 2000) e Godet *et alii* (2002), no entanto, constituem elementos norteadores para a composição de metodologias para elaboração e análise de cenários.

De acordo com Godet (2000), os cenários correspondem a conjuntos formados pela descrição coerente de uma situação futura e do encaminhamento dos acontecimentos que permitem sua manifestação e cristalização. O cenário não consiste, pois, em uma representação precisa da realidade futura, mas uma forma de sua representação, com vistas a nortear a ação presente à luz dos futuros possíveis e desejáveis, sublimando-o a qualquer exercício de “futurologia”. De acordo com Ribeiro *et alii* (1997), a metodologia de Godet pode ser desagregada em oito etapas nucleares, expressas na Figura 4.1.

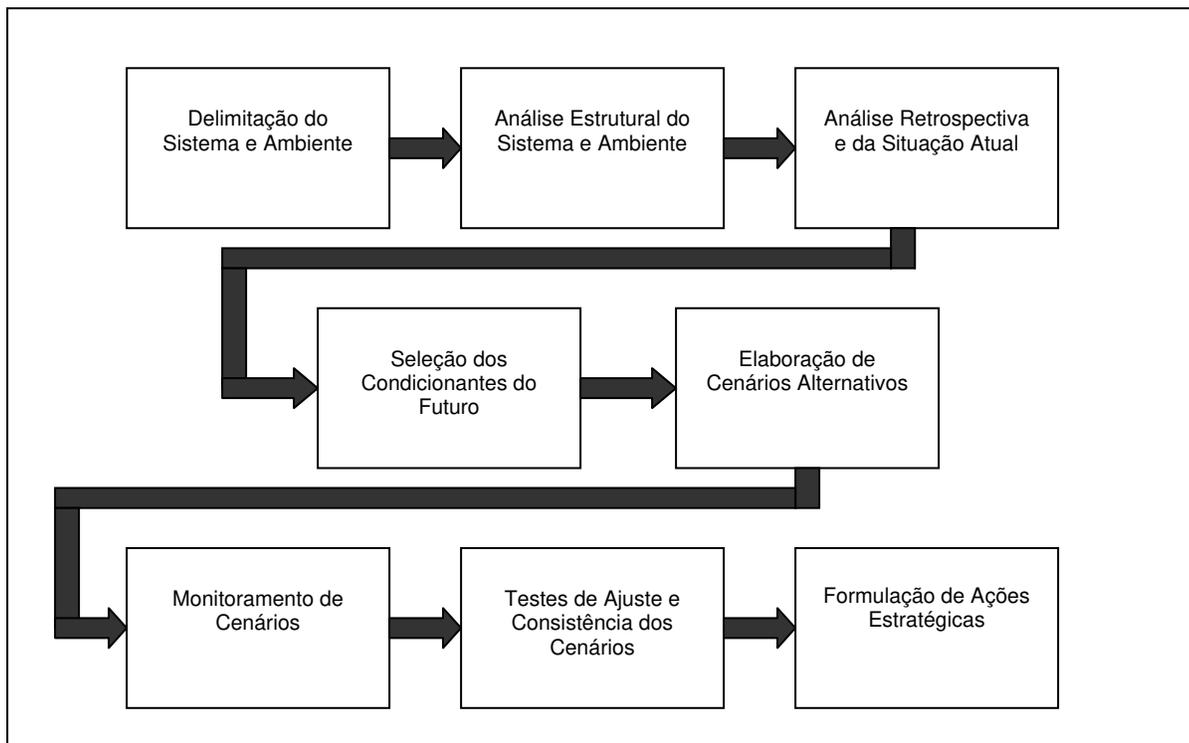


Figura 4.1 – Etapas de Metodologia de Implementação de Cenários de Michel Godet

Fonte: Elaboração do autor, baseado em Ribeiro *et alii*, (1997)

A delimitação do sistema e do ambiente especifica a abrangência do estudo, definindo seu objeto, horizonte temporal e espacial. Procede isto a análise estruturada das variáveis relevantes do sistema e de seus principais atores e condicionantes, a fim de prover uma visão sistêmica do fenômeno estudado. De acordo com Godet *et alii* (2002) nesta fase podem ser empregados instrumentos como o Delphi, *brainstorming* e outros. A etapa seguinte consiste em empreender uma análise retrospectiva, que visa destacar mecanismos e fatores determinantes da evolução pretérita do sistema, evidenciando elementos invariantes, incertezas estruturais e riscos suscetíveis de previsão e análise probabilística.

Sucedendo esta ação a seleção de condicionantes de futuro, na qual se evidenciam os atores e variáveis mais importantes na elaboração do cenário. Nesta etapa detalham-se os aspectos qualitativos e quantitativos que conformam o contexto a partir do qual será elaborado o cenário (Godet, 1993). Após a identificação destes atores e variáveis, estas últimas são cruzadas com o intuito de averiguar sua influência recíproca e imbricações, mediante a elaboração de uma matriz de análise estrutural das variáveis. Isto permite que as variáveis sejam analisadas em relação à

sua motricidade e dependência, ensejando sua classificação sob a forma de variáveis-chave (ou explicativas), variáveis de ligação e variáveis de resultado (Godet, 2000).

Satisfeitas as condições preparatórias, torna-se possível a elaboração dos possíveis cenários. Isto não esgota, contudo, as ferramentas e etapas da *prospective*. Compete ainda um esforço de monitoramento do sistema, com vistas a efetuar possíveis revisões e correções de rumo nos cenários desenvolvidos. Isto caminha em paralelo à análise de sua consistência e das revisões a que os mesmos estão sujeitos. A análise é finalizada pela utilização dos subsídios e informações propostos pelos cenários na concepção e implementação de políticas e ações estratégicas.

As preocupações e sistemática adotadas por Godet serviram como uma espécie de *benchmark* para metodologias e técnicas que a sucederam. Em âmbito nacional, têm sido profícuos os estudos e análises de cenários realizados pela Macroplan. Conforme expresso em Porto & Arroio (2002), a metodologia desta empresa se compõe de seis etapas centrais, quais sejam:

- i) Focalização – identificação e hierarquização das incertezas críticas do objeto estudado em relação ao futuro;
- ii) Mapeamento – investigação de fatores invariantes e condicionantes do futuro pertinentes ao objeto de interesse;
- iii) Prospecção tecnológica – geração e desenvolvimento de cenários alternativos, enfatizando as dimensões ligadas às incertezas críticas;
- iv) Interpretação – comparação e análise dos cenários com ênfase na antecipação de oportunidades e ameaças que os mesmos sinalizam para empresas e instituições que compõem um dado sistema;
- v) Avaliação – configuração do posicionamento estratégico das organizações em face dos cenários;

- vi) Disseminação – apresentação e debate dos estudos de cenários em uma perspectiva de aprendizagem organizacional orientada para o futuro e as incertezas a ele inerentes;

A metodologia de elaboração, avaliação e monitoramento de cenários desenvolvida pela Macroplan é complementada por estudos envolvendo matrizes de análise SWOT. Esta consiste nas iniciais dos termos *Strengths* (forças), *Weaknesses* (fraquezas), *Opportunities* (oportunidades) e *Threats* (ameaças). A análise de matriz SWOT provê informações a respeito do grau de competência tecnológica e/ou gargalos de empresas, organizações e sistemas não facilmente captados por indicadores tradicionais, como número de patentes, publicações em periódicos indexados, dispêndios em P&D ou balanço de pagamentos tecnológico (Gavigan & Scapolo, 1999).

Esta análise compreende duas dimensões distintas, o ambiente interno (forças e fraquezas) e o ambiente externo (ameaças e oportunidades), possibilitando estudos de natureza intrínseca e extrínseca ao objeto. No universo das políticas de C&T, a análise das forças e fraquezas sinaliza para a conjuntura e dinâmica dos distintos componentes de um sistema de inovação, com destaque para o setor produtivo e a infra-estrutura do conhecimento (universidades, institutos públicos e privados de pesquisa, assessoria técnica e organizações que atuam como agentes intermediários na transferência do conhecimento). Torna-se possível identificar em cada um destes agentes seus graus de competência, excelência e *expertise*, mas também suas deficiências, *gaps* e disfunções. Por seu turno, a indicação de oportunidades e ameaças corresponde à nuance mais prospectiva da análise SWOT, na medida em que busca intuir determinados elementos de futuro e adequar as condições contemporâneas para o aproveitamento de conveniências e o enfrentamento de contingências.

Antes de passar à próxima seção, é conveniente destacar que os cenários raramente se manifestam da maneira descrita, dado que a realidade guarda elementos muito mais complexos e incontrolláveis do que os contidos em um cenário. No entanto, conforme apontam Porto & Arroio (2002), em exercícios bem conduzidos a trajetória real usualmente evolui no âmbito do conjunto de cenários traçados, agregando aspectos de um e de outro. Desta forma, o monitoramento sistemático do que está ocorrendo em meio a um conjunto de cenários contribui para redução dos

riscos e incertezas de uma instituição ou sistema, aprimorando a qualidade das ações e decisões estratégicas.

Finalmente, cumpre mencionar que não se pretende que os cenários adivinhem o futuro, mesmo porque o monitoramento dinâmico permite permanentes revisões e correções de rumos na medida em que os agentes e variáveis nele inseridos se alteram ao longo do tempo. Mais importante do que a previsão exata é o processo de construção coletiva e interativa de percepções a respeito do futuro, gerando compromissos e decisões com vistas a antecipar e construir coletivamente o futuro, denotando a concepção da *prospective* de restauração do desejo como força criadora para o futuro, de forma que este não se converta em algo destituído de sentido ou significado.

4.3 Incertezas Críticas e a Matriz de Cenários do Sistema Nacional de Inovação em Biotecnologia no Brasil

O referencial metodológico para elaboração e análise de cenários adotado neste trabalho é parcialmente inspirado por trabalhos desenvolvidos pela Macroplan Prospectiva & Estratégia, empresa de consultoria em estudos e gestão estratégica. Esta supõe a análise do macroambiente e do “setor” de negócios, de forma a identificar as principais tendências e as incertezas críticas que nortearão a matriz de cenários. A partir desta concepção formulou-se a sistemática expressa na Figura 4.2.

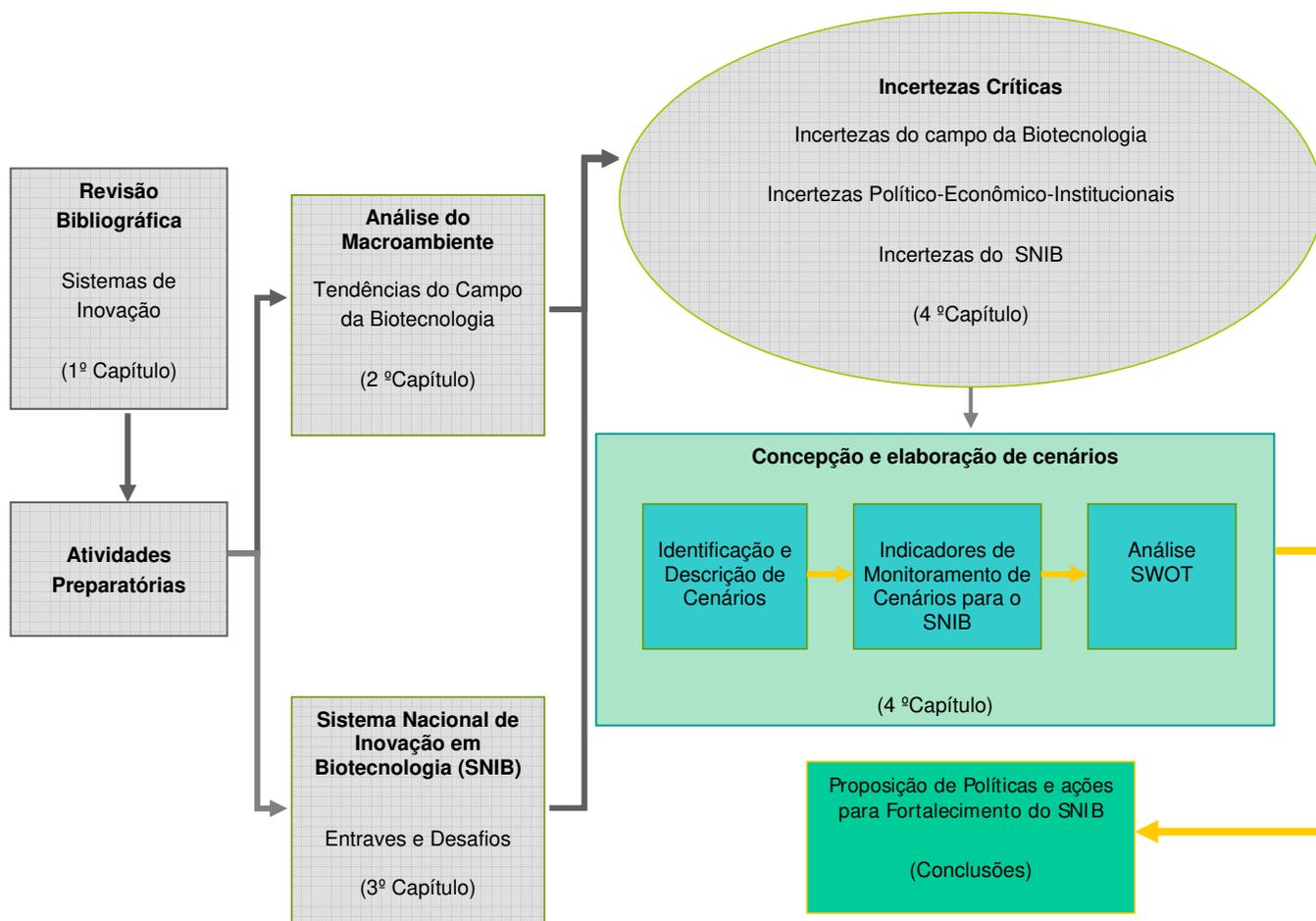


Figura 4.2 – Procedimentos metodológicos para elaboração e análise de cenários no presente estudo

Conforme observado na Figura 4.2, a elaboração de cenários se inicia com a análise do macroambiente, que neste caso corresponde à dinâmica e tendências da biotecnologia, aspecto abordado no segundo capítulo deste trabalho. De forma análoga, o terceiro capítulo tratou do sistema nacional de inovação em biotecnologia (SNIB), o qual foi, por sua vez, fomentado pelas discussões realizadas no primeiro capítulo, culminando na identificação de entraves e desafios. A investigação desta conjuntura possibilita a identificação das incertezas críticas sobre as quais basear-se-á a identificação e descrição de cenários prospectivos. Após a descrição e detalhamento destes cenários, é empreendida uma análise SWOT, que tem por propósito elencar as principais forças e fraquezas, assim como potenciais ameaças e oportunidades ao SNIB. O objetivo final consiste na proposição de políticas e ações a seu desenvolvimento e incremento, por que são também identificados possíveis indicadores que permitam apreender o comportamento das

variáveis e incertezas críticas em direção a um dos cenários, ou mesmo a uma matriz dos mesmos.

Incetezas Críticas do Campo da Biotecnologia

Dentre o conjunto de incertezas que perpassam o campo da biotecnologia, em razão de seu caráter fronteiro, pelo desconhecimento de suas potencialidades efetivas e por constituir um campo ainda distante da maturação, destacam-se nesta análise aquelas relativas aos padrões de organizações do mercado e da pesquisa, a evolução, funcionalidade e convergência tecnológica, as instituições regulatórias e os padrões de consumo e aceitação social.

No que diz respeito à organização dos mercados, Fonseca, Ávila & Salles-Filho (2004) destacam a ocorrência de dois padrões distintos, quais sejam, o sistema de mercados livres e o sistema de mercados coordenados, representados por Estados Unidos e Inglaterra, no primeiro caso, e Alemanha e Suécia, dentre outros, correspondendo ao segundo. Os sistemas de livre mercado revelam um desenho institucional mais flexível, baseado no apoio a empreendimentos empresariais, que favorecem o desenvolvimento de inovações radicais, com acesso facilitado ao capital de risco e *seed money*. A base destes empreendimentos apóia-se em uma estrutura de direitos de propriedade intelectual bem definidos, que permitem reter o valor do conhecimento gerado (mesmo em situações de cooperação inter-firma), obter *equity funds* para desenvolvê-los e negociar resultados e estruturar *portfólios* em bolsa (ou através de processos privados de fusão ou aquisição).

Por seu turno, nos sistemas de mercados coordenados, o Estado estabelece o suporte básico para o desenvolvimento e o financiamento da inovação e busca coordenar esforços de modo a obter associação entre os agentes públicos – universidades, centros de pesquisa e agências de fomento – e os negócios privados – especialmente empresas estabelecidas e estruturas consolidadas de financiamento. Estas instituições facilitam a administração de políticas de longo prazo e estratégias de inovações incrementais. Os autores observam que, em meio à dinâmica da biotecnologia e seu caráter ubíquo, países que se notabilizam por uma estrutura de mercados coordenados têm mais e mais almejado redefinir seus desenhos institucionais e impulsionar a capacidade de geração de inovações radicais, aproximando-se do ambiente de negócios presente nas economias que ancoram seus sistemas de inovação nas estruturas de mercado livre.

Juntamente à organização dos mercados, é pertinente intuir a respeito da disposição das atividades empresariais de P&D. Se no passado o que conferia valor a um determinado ativo era sua relativa escassez, nos dias atuais isto tem sido eclipsado pela capacidade de aprendizado contínuo e criação do conhecimento, que se convertem em vantagens competitivas mais expressivas e duradouras. Nestes termos, países que criem melhores condições para a gestação do conhecimento em programas educacionais específicos, infra-estrutura e demais incentivos parecem mais adaptados ao contexto trazido pela sociedade do conhecimento.

Isto é particularmente importante para a biotecnologia, que consiste em um campo fortemente baseado em conhecimento. Nestes termos, empresas multinacionais e transnacionais tendem a se fixar em regiões que detenham um ambiente institucional mais favorável a seu desenvolvimento, manifestado pela existência de uma cultura voltada à criação do conhecimento e educação, recursos financeiros para pesquisa pública e privada, proteção de direitos de propriedade intelectual e mercados dinâmicos para seus produtos e serviços. Um exemplo ilustrativo se refere ao setor farmacêutico, que concentra parte expressiva de suas atividades de P&D nos Estados Unidos, dadas as condições favoráveis encontradas neste país. Tal contexto sinaliza um quadro de exclusão técnico-científica para países que não consigam fomentar um ambiente institucional propício à competitividade e atração de empresas. Sendo a biotecnologia um potencial paradigma, a não concertação destas condições poderia implicar um *gap* agudo e difícil de ser posteriormente recobrado.

Em relação à evolução, convergência e funcionalidade das biotecnologias, observam-se progressos derivados da utilização de técnicas de DNA recombinante, incorporação de protocolos derivados da engenharia genética e biologia celular, bem como técnicas como as de *polymerase chain reaction* (PCR) e a mobilização em estado sólido de microarranjos de DNA (*DNA microarray techniques*), que conformaram novas áreas de atuação da biotecnologia, tais como a genômica, proteômica e metaboloma celular.

Isto tem possibilitado, no âmbito agrícola, um enfoque mais determinista na obtenção de novos produtos e cultivares. Ao mesmo tempo, nota-se uma evolução no estoque de conhecimentos relacionado ao funcionamento de plantas e à forma como estas reagem a distintas condições ambientais, dando origem a cultivares que amplificam a capacidade de resistência da planta à aridez e temperaturas elevadas, bem como resistência a insetos e pragas. Por seu turno, o

campo da saúde tem sido favorecido pela produção de grande número de novas drogas, medicamentos, *kits* de diagnóstico, vacinas, reagentes, além de impulsionar técnicas terapêuticas inovadoras, como a terapia celular.

É conveniente mencionar ainda que, embora seja lícito assumir que progressos e rupturas ocorram de forma mais lenta em um paradigma ainda em gestação, a evolução em médio prazo das técnicas e protocolos da biotecnologia é componente estrutural para a manutenção dos padrões de investimento, empreendedorismo e mesmo crença em suas potencialidades. O acesso facilitado a capital de risco, mormente em sistemas de mercados livres, tem possibilitado que empresas estabeleçam projetos de pesquisa de médio e longo prazo de maturação, mas esta dinâmica pode se alterar substancialmente em razão dos resultados logrados nos próximos anos.

A regulação da biotecnologia perpassa elementos muito distintos, como o marco legal em biossegurança, rotulagem e rastreabilidade de produtos transgênicos e a questão de direitos de propriedade intelectual. A necessidade de regulação decorre de seu caráter original e ubíquo, que demanda novos procedimentos de controle e fiscalização, evidenciando a emergência e debate entre vasto conjunto de *stakeholders*, que se deparam com questões e controvérsias muitas vezes inconciliáveis, como a oposição de determinadas ONGs aos transgênicos, seja por seu efeito sobre o meio-ambiente, seja sobre a sociedade e a agricultura.

Conforme expresso por Zarrili (2000), os temas expostos pela biossegurança podem ser agrupados em duas grandes categorias, intrínsecas e extrínsecas à tecnologia. No primeiro grupo se concentram possíveis externalidades sobre o meio ambiente e saúde humana e animal, enquanto o segundo corresponde a elementos de cunho econômico, político e social, como o risco de privatização e concentração dos investimentos em P&D em setores que denotam forte impacto social, como agricultura e saúde. Atualmente, prevalece um panorama difuso e heterogêneo na regulação destas atividades, em que se vislumbra uma posição bipolarizada por Estados Unidos e União Européia em meio aos princípios da equivalência substancial e da precaução. É importante observar como deve se dar a evolução deste quadro, ou seja, se haverá a prevalência de uma destas visões ou de algum modelo híbrido.

Ações empregadas para afiançar níveis adequados de segurança alimentar têm se vinculado ao desenvolvimento de sistemas de rotulagem que permitam a rastreabilidade

(*traceability*) e diferenciação de alimentos em relação a naturezas distintas, como produtos transgênicos, convencionais e orgânicos. As técnicas de rastreabilidade – segregação e preservação de identidade - permitem registrar o caminho de um produto por todos os estágios do processo produtivo até a distribuição final, abarcando a produção agrícola, a identificação e o movimento de estoques, processos de exportação e importação, etapas relacionadas à manufatura e distribuição e o fornecimento e venda ao consumidor final. Quanto à rotulagem, ainda não se sabe se tal procedimento tornar-se-á um instrumento obrigatório e institucional ou voluntário, que consista em algum tipo de diferenciação de produto.

No que diz respeito à demarcação de direitos de propriedade intelectual (DPI), deve-se considerar que setores intensivos em C&T presumem a existência de leis e normas que assegurem, ao menos em um determinado intervalo de tempo, condições favoráveis à apropriabilidade e exploração comercial da inovação, dado o longo horizonte temporal e elevados custos envolvidos em seu desenvolvimento.

A este respeito, observa-se desde meados do século passado uma controvérsia na forma de abordagem europeia e norte americana dos DPI. Nos anos 50 foi criado na Europa o *Plant Variety Protection*, que permitia a cobrança de *royalties* na venda de sementes melhoradas com características tais como homogeneidade, uniformidade e estabilidade, posteriormente consolidado pela UPOV. Vedava-se, no entanto, o patenteamento no campo de organismos vivos. Nos Estados Unidos, por outro lado, o sistema de patentes foi estendido a organismos vivos produzidos a partir de engenharia genética, de acordo com o *Patent Office*, de 1987, que abrangia quaisquer tipos de organismos vivos multicelulares não-humanos e animais geneticamente modificados.

Mais recentemente, durante as negociações da rodada Uruguai da OMC, os DPI foram abordados sob a forma do TRIPs. Pelos termos deste acordo, todos os membros da OMC tinham que adotar um sistema de patentes ou propriedade intelectual voltado a organismos vivos, conferindo-se à OMC poder mandatário para assegurar a implementação desta legislação (Vieira & Buainain, 2004).

No entanto, a CDB, que não tem os Estados Unidos como país signatário, prioriza a proteção da biodiversidade acima dos DPI, ressaltando a participação de comunidades e

conhecimentos tradicionais na preservação da sociedade e destacando a soberania nacional sobre o acesso a recursos genéticos, consolidando um foro internacional de regulação em conflito potencial com o TRIPs (Dal Poz, Silveira & Fonseca, 2004).⁴¹

Ainda de acordo com estes autores, há um conjunto de questões controversas vinculadas aos DPI que emergem de forma bastante significativa, e que devem nortear sua conformação futura na busca por harmonização e *best practices* globais. A primeira delas diz respeito ao embate sobre atribuição de direitos ao “primeiro a inventar” (*first to invent*) e o “primeiro a registrar” (*first to file*). O argumento favorável à primeira tese se vincula à proteção aos pequenos inventores, que nem sempre detêm condições de registrar patentes. Tal perspectiva seria mais oportuna para países que apresentam infra-estrutura de conhecimentos mais próxima ao sistema de mercados abertos, a quem interessaria manter um alto padrão de patenteabilidade de qualquer conhecimento, ainda que não se saiba se o mesmo terá valor comercial no futuro. Esta disposição, no entanto, é combatida por aqueles que sustentam que isto poderia implicar dificuldades para países e regiões que teriam maiores dificuldades para comprovar, por falta de formalização de seus processos de pesquisa, de que uma pesquisa ou estudo científico consistiriam elementos comprobatórios de pioneirismo e, portanto, de patenteamento.

Outra controvérsia se reporta ao objeto elegível de patenteamento. A maioria dos países reconhece como patenteável apenas objetos que representem contribuição técnica com efetiva aplicação industrial. Alguns países, como os Estados Unidos, consideram tal visão demasiado restritiva, e sugerem a adoção de um critério de utilidade, pelo qual seria possível a obtenção de patentes de procedimentos biológicos, microorganismos, plantas e animais de composição biomolecular alterada.

Um terceiro antagonismo se refere à condução de processos de solicitação de patentes, que se desdobra em dois sistemas distintos. O primeiro deles se vincula à permissão baseada em inquirição subjetiva, que permite o encobrimento de muitas das características do objeto, enquanto o segundo se volta à explicitação objetiva, que não permite omissões. Enquanto a maioria dos países desenvolvidos segue a primeira disposição, países em desenvolvimento –

41 É conveniente registrar que a CDB consiste em uma convenção de caráter não mandatário, enquanto o TRIPs se notabiliza por ser um acordo que prevê regras e obrigações para seus signatários.

mormente os signatários da CDB – se orientam pela segunda que, no caso da biotecnologia, implica a revelação da origem do organismo ou genes utilizados em atividades de P&D.

Tais dissensos se traduzem em formas antagônicas de se conceber até mesmo a biopirataria. Se para os países mais desenvolvidos ela está relacionada à cópia ou imitação de tecnologias – por que sustentam o princípio da inquisição subjetiva –, países em desenvolvimento compreendem tal fenômeno como a retirada, extração e bioprospecção de elementos da flora e fauna sem autorização e sem consideração aos conhecimentos tradicionais associados e populações nativas.

Intrínseco a estas questões está o fato de que a extensão de proteção de propriedade intelectual a biotecnologias e avanços da genômica suscita questões originais, que demandam novos marcos regulatórios que normalizem, por exemplo, aquilo que pode ou não ser patenteado, a quem competem tais direitos e em que extensão dados e informações podem ser partilhados com outras organizações e pesquisadores. Assume-se pois que um sistema de proteção muito inflexível pode atrapalhar o ritmo de desenvolvimento da biotecnologia, na medida em que a formação de arranjos cooperativos depende estruturalmente da apropriada demarcação de tais direitos. As complexas redes que se formam entre distintos atores e agentes exigem a concertação de critérios e condições para a apropriação do resultado para cada um dos atores nelas circunscritos. Por outro lado, um sistema que tenha fraca atuação sobre a proteção intelectual pode remover e afastar incentivos e investimentos para a pesquisa.

Outra incerteza marcante à biotecnologia se refere ao padrão de consumo e, conseqüentemente, à aceitação social de seus produtos. As atitudes da população serão em grande parte motivadas pela capacidade de promoção de melhorias nos distintos setores da sociedade. Ao mesmo tempo, ainda não se sabe se as biotecnologias serão aceitas como uma evolução natural do conhecimento humano, ou se fatores éticos, religiosos, morais e culturais se interporão a esta perspectiva. A mobilização de ONGs, tanto contrárias como favoráveis às biotecnologias, tende a exercer um papel importante neste contexto, sobretudo no campo das agrobiotecnologias e procedimentos terapêuticos mais controversos, como a terapia celular e a utilização de células-tronco embrionárias.

Incertezas Críticas no âmbito Político – Econômico – Institucional

As incertezas identificadas nesta categoria se relacionam a quatro variáveis, quais sejam: a evolução da economia nacional e internacional; o quadro político brasileiro; a densidade das políticas de C&T e o padrão de investimento público e privado.

De acordo com Porto *et alii* (2004), o ano de 2003 consolidou um ponto de inflexão e evidenciou uma retomada do crescimento econômico em âmbito mundial, notadamente entre os países emergentes. Ao mesmo tempo, a alta liquidez no sistema financeiro internacional implicou taxas favoráveis à captação de recursos nos mercados globais, estimulando o endividamento externo. Por outro lado, a expansão dos *déficits* fiscais em determinados países e regiões se tornou causa de consternação. Os Estados Unidos chegaram ao final de 2003 com um *déficit* fiscal estimado em 4,6% de seu PIB, enquanto Japão e União Européia registraram resultados também negativos da ordem de 7,4% e 2,3% de seu produto interno bruto, respectivamente.

A preocupação com o desempenho da economia dos Estados Unidos foi evidenciada pela iniciativa do *Federal Reserve* (FED) em promover uma elevação contínua e sucessiva da taxa básica de juros. Desta feita, no início de 2005 os juros foram elevados para 3% a.a., com o objetivo de impedir pressões inflacionárias e combater os chamados *déficits* gêmeos (fiscal e externo) da economia deste país. Concomitante a isto, o ambiente econômico internacional tem revelado indícios de fragilidade e possibilidade de crises em virtude de incertezas relacionadas à trajetória de crescimento da China e a escalada de preços do petróleo no mercado internacional (Alem *et alii*, 2004).

A evolução da economia internacional e brasileira constitui elemento importante porque se relaciona intrinsecamente ao contexto fiscal e tributário, influenciando a obtenção de receitas e determinando a capacidade de investimento do Estado. No que diz respeito à condução da política macroeconômica, o governo Lula tem dado continuidade aos pressupostos de austeridade fiscal e melhoramento dos *fundamentos básicos* da economia, culminando na fixação de metas para o controle da inflação, elevadas taxas de juros (da ordem de 19% a.a) e um *superávit* primário em torno de 4,25% do PIB.

No caso brasileiro, o ano de 2004 foi marcado por um sensível reaquecimento da economia, seguindo tendência manifestada em âmbito internacional. A taxa de crescimento no

PIB atingiu o ápice de 5,2%, embora abaixo do desempenho revelado por outros países emergentes, como China, Coréia do Sul, Malásia e Taiwan. Este crescimento ocasionou um *superávit* primário de 4,61% do PIB, ou R\$ 81,1 bilhões (Lacerda, 2004). Isto permitiu ao Governo brasileiro melhores condições de gerenciar sua dívida e abriu perspectivas mais promissoras para o investimento. Ao mesmo tempo, Porto, Ventura e Mercadante (2005) destacam neste mesmo período o crescimento da formação bruta de capital fixo, o que sinaliza maior disposição ao investimento privado nos próximos anos, podendo resultar um ciclo virtuoso na economia nacional.

No que se refere ao ambiente político interno, a crise decorrente de denúncias de corrupção envolvendo assessores diretos da Presidência da República parece ter comprometido sensivelmente a capacidade de governabilidade do Presidente Lula. A dificuldade que se tem observado em dar continuidade à rotina da administração pública, os insucessos na aprovação de determinadas leis e emendas e até mesmo a derrocada de vetos presidenciais suscitam dúvidas quanto à possibilidade de se retomar níveis pretéritos de governabilidade, ou mesmo instituir uma agenda mínima que transcenda o cenário de aparente paralisia que se tem recentemente vislumbrado. A limitada governabilidade pode afetar sobremaneira o funcionamento da “máquina pública”, travando a administração, proposição e execução de políticas públicas.

A densidade das políticas de C&T se refere ao grau de pervasividade e eficácia de políticas tais como a Lei nº 10.973/04 (Lei de Inovação) e a MP 255. É importante identificar até que ponto estes instrumentos, dentre outros, serão capazes de incentivar maior empreendedorismo de parte de empresas e pesquisadores, estimular o investimento em P&D, notadamente no setor privado, e também a absorção por estas de recursos humanos voltados à área da pesquisa e inovação.

Ao mesmo tempo, indaga-se a respeito da natureza continuada e seletiva de políticas e outras ações de estímulo ao desenvolvimento da C&T. Conforme apontado no primeiro capítulo deste trabalho, as políticas e instrumentos ora adotados se caracterizam por um caráter esparso e descontínuo, usualmente subordinados à rotatividade de *decision makers* e gestores públicos. Isto ocasiona externalidades como a interrupção de programas promissores, mas que demandam maior horizonte para maturação dos investimentos – caso bastante peculiar à dinâmica biotecnológica –, a “remodelagem” de programas, de modo a sinalizar uma “alteração de rumos”

em relação a gestões anteriores, maiores graus de incerteza por parte de pesquisadores e investidores e pouca transparência, suscitando um ambiente conturbado e desfavorável para o fortalecimento do SNI.

Juntamente à perenização de programas, mostra-se pertinente que as políticas se mostrem mais seletivas e adequadas aos principais gargalos aos quais se reportam, de modo a produzirem maior efetividade, mormente em um contexto de escassez de recursos. A este respeito, a iniciativa dos Fundos Setoriais em buscar incorporar ferramentas de prospecção tecnológica como ferramenta de auxílio aos Comitês Gestores constitui avanço significativo.

Por seu turno, o padrão de investimento influencia diretamente a capacidade de um país de desenvolver sua economia e seu sistema de inovação. Conforme mencionado no primeiro capítulo, o Brasil exibe carências de inversões tanto no setor público quanto no privado.

O incremento do investimento público está atrelado a uma conjuntura macroeconômica favorável, que possibilite a perenização e evolução dos dispêndios, mas também de uma opção política preferencial à capacidade inovativa de um país, remontando aos conceitos de política científica explícita e implícita apresentados por Herrera (1995). Em que pese a intenção do atual governo - expressa em seu PPA - em elevar o dispêndio total em C&T para cerca de 2% do PIB até o ano de 2006, nota-se que este patamar está muito longe de ser alcançado. As informações apresentadas no Quadro 1.2 ilustraram que, desconsiderados os recursos voltados ao custeio do ensino superior, a somatória do investimento dos governos estadual e federal não atingiram a cifra de 0,4% do PIB em 2002. A estreiteza destes recursos é agravada por sua volatilidade e incerteza. De acordo com este mesmo Quadro, pode-se observar grande instabilidade anual no volume de recursos investidos em C&T, em que a elevação em um ano quase sempre culmina com uma redução no ano seguinte, gerando incertezas e comprometendo a possibilidade de planejamento em longo prazo.

A instituição dos Fundos Setoriais constituiu avanço importante, representando um aporte aos recursos decorrentes do OGU. No entanto, passados poucos anos de sua criação, certas distorções se revelam problemáticas à sua continuidade e efetividade. A criação de reservas de contingência limita o montante disponível de recursos, que já chega a cerca de R\$ 3 bilhões. De forma análoga, a pulverização de recursos manifestada pela grande profusão de editais nos

distintos fundos pode sinalizar menor preocupação com o caráter seletivo e prioritário que revestia sua concepção original, além de comprometer os esforços de pesquisa. Finalmente, a criação das chamadas ações transversais, se por um lado pode resultar sinergias e evitar a duplicidade de esforços e recursos, por outro lado não está isenta dos riscos de constituírem um contorno à natureza vinculada dos Fundos, o que poderia ocasionar ações contrárias e resistências no setor privado, cujas contribuições respondem por parcela significativa da constituição dos Fundos.

O uso do poder de compra do Estado seria uma alternativa interessante de ampliar o investimento público no campo da C&T, a exemplo do que se verificou nos Estados Unidos durante a formação de seu complexo industrial-militar. Tal expediente é ainda pouco utilizado no Brasil, a despeito de encomendas empreendidas pelo Estado no âmbito de determinadas ações dos Fundos Setoriais.

Por sua vez, é importante observar a concertação de instrumentos de estímulo ao investimento privado. Ainda que isto esteja mais estreitamente vinculado às condições gerais do ambiente institucional brasileiro, em questões como o sistema de propriedade intelectual, a capacidade técnico-científica do país e a existência de marcos regulatórios claros e desburocratizados, é possível pensar em ferramentas e condições mais vantajosas ao investimento, tais como aqueles previstos na MP 255 - dedução de despesas operacionais em atividades de inovação, subvenção de mestres e doutores que estejam empregados e desempenham atividades inovativas em empresas localizadas no Brasil, regime especial de aquisição de bens de capital para empresas exportadoras, regime especial de tributação para plataformas de exportação de serviços de tecnologia, dentre outros. De forma análoga, ações de fortalecimento e criação de um mercado de capitais e *seed money* para o investimento em C&T são alternativas interessantes, contempladas em ações como o Programa Inovar (MCT/Finep), o Programa de Capacitação de Empresas de Base Tecnológica (BNDES) e o mercado privado de *venture* e *equity* no âmbito dos Fundos Mútuos de Investimentos em Empresas Emergentes – FMIEE. Cabe identificar, no entanto, a real disposição do Governo Federal para intensificar e aprimorar estas ações, bem como observar sua governabilidade para dar curso a estas ações, tendo em vista o contexto atual.

Incertezas Críticas do Sistema Nacional de Inovação em Biotecnologia no Brasil

Por se tratar de uma análise particularizada de um mesmo campo do conhecimento, muitas das incertezas inerentes ao SNIB se reportam, em maior ou menor grau, às próprias incertezas da biotecnologia. De forma análoga, este sistema reproduz agruras e distorções características do sistema nacional de inovação, tais como a capacidade de proposição, articulação e execução de políticas públicas, o panorama de investimento público e privado e o perfil de seu ambiente institucional. Dado que tais fatores foram originalmente contemplados nas categorias pretéritas, optou-se pela seleção de quatro variáveis que parecem críticas para o incremento do SNIB, quais sejam, a eficiência e transparência do marco regulatório, as condições de infra-estrutura, a formação de recursos humanos e a atuação das empresas e setor privado.

O marco regulatório em biotecnologia pode ser desagregado em três nichos específicos, focando respectivamente a questão da biossegurança, dos direitos de propriedade intelectual e do acesso a recursos genéticos. No que diz respeito ao primeiro deles, observa-se que após um período de controvérsia a respeito do rol de instituições que atuam no contexto da biossegurança, bem como suas respectivas atribuições, aprovou-se no início de 2005 a nova Lei de Biossegurança (Lei nº 11.105/05). Dentre suas características mais marcantes, concede-se autonomia à CTNBio para o estabelecimento de normas técnicas de segurança e de pareceres para atividades que envolvam pesquisa e uso comercial de OGM e seus derivados, definição dos instrumentos de avaliação e monitoramento de risco. Desta forma, compete a esta a responsabilidade de determinar se o cultivo de uma variedade engenheirada é potencial ou efetivamente causadora de degradação ambiental, bem como a decisão referente à exigência ou não de licenciamento. Esta concessão foi contrabalançada pela possibilidade legal de que outros órgãos, como o IBAMA, MMA, MAPA possam solicitar ao CNBS a revisão de pareceres emitidos pela CTNBio.

Poder-se-ia supor que a sanção desta Lei tivesse atenuado as incertezas quanto à regulação da biossegurança no país. No entanto, o caráter dúbio de alguns de seus dispositivos, a inapetência em instituir um mesmo marco para tratar temas díspares como variedades geneticamente modificadas e terapia celular e a controvérsia ainda existente entre diversos órgãos e agências públicas, bem como de pesquisadores e representantes da sociedade civil sugerem um

contexto de incerteza no tocante à concessão de autorização para novos experimentos, cultivos comerciais e pesquisas com células-tronco.

Em relação aos DPI, deve-se mencionar inicialmente o contexto relativamente embrionário da questão no país. Conforme apontou Carvalho (2003), até meados da década de 1990 o Brasil não adotava proteção ao conhecimento em vários segmentos. A introdução da Lei de Patentes, em 1997, trouxe mudanças e encorajou a inovação e comercialização de produtos e serviços desenvolvidos endogenamente, bem como a adoção de práticas voltadas à gestão da propriedade intelectual. No entanto, este sistema ainda padece de condições mais apropriadas de funcionamento, e o processo de registro de patentes é demasiado vagaroso, podendo atingir até sete anos para sua conclusão.

De acordo com Dal Poz, Silveira & Fonseca (2004), há uma característica marcante no caso brasileiro no que tange à biotecnologia, que ora o coloca junto aos países mais industrializados, fortemente amparados no estabelecimento de DPI, ora o insere juntamente a outros países que se reportam à CDB e ao argumento de primazia da soberania sobre seus recursos genéticos. Esta tensão se reflete na legislação brasileira, marcada por um caráter dúbio e resultado de uma solução de compromisso entre múltiplos *stakeholders*, que muitas vezes finda por elevar custos de transação e sobrepujar investimentos.

A pesquisa em biotecnologia no Brasil vem atingindo padrão científico internacional, sendo tecnologicamente competitiva em muitas áreas, fomentando a criação de uma cultura institucional para a proteção de ativos do conhecimento e promovendo maior interesse em patenteamento, licenciamento de biotecnologias e aumento da competência institucional para o gerenciamento da inovação. Isto o aproxima da visão predominante em países desenvolvidos, que busca consolidar legitimidade internacional para apropriação de ativos intelectuais intangíveis e garantir ganhos derivados de seu valor econômico. Mas a riqueza de seu patrimônio genético e biodiversidade suscitam justaposição à tese de proteção e soberania de tais recursos. Disto resulta a necessidade de que o país concerte um sistema dinâmico de tomada de decisão, que permita constantes ajustes entre os avanços da inovação, perfil dos mercados e benefícios da utilização de recursos genéticos presentes em seu território.

A vastidão da biodiversidade brasileira remete para a questão do acesso a recursos genéticos. A CDB trata em dois de seus artigos a questão do conhecimento tradicional e da repartição dos benefícios provenientes do acesso aos recursos genéticos, com implicações sobre a pesquisa, a bioprospecção e os DPI (Santana, 2002).

De acordo com Azevedo (2005), os conhecimentos tradicionais são de particular importância para a biotecnologia, dado que dos quase 120 princípios ativos atualmente isolados de plantas largamente usados na medicina moderna, 75% foram identificados por sistemas tradicionais. Assim, a criação de um regime normativo de proteção a estes conhecimentos visa evitar a bioprospecção predatória e reconhecer a importância e remuneração por tais ativos. Convém mencionar, no entanto, que a questão do acesso a recursos genéticos e conhecimento tradicional não constitui objeto exclusivo da CDB, mas também da FAO, UNCTAD, OMC e WIPO. As visões sustentadas por estes fóruns são bastante diacrônicas, suscitando debates, tensões e controvérsias que atravancam a harmonização e implementação nacional e internacional de itens acordados em cada uma destas instâncias.

Para Santana (2002), é necessária reflexão e revisão da legislação de acesso a recursos genéticos e bioprospecção no país, de modo a atender simultaneamente ao interesse público, proteger conhecimentos tradicionais associados e promover o uso sustentável da biodiversidade. Em termos legais, o principal documento ora existente é a MP nº 2.186-16/01, que regulamenta o acesso ao patrimônio genético e ao conhecimento tradicional associado, a repartição de benefícios e a remessa de componentes do patrimônio genético, além de instrumentalizar o Conselho de Gestão do Patrimônio Genético (CGEN) como principal autoridade regulatória neste setor. Junto a esta, merece destaque o Decreto nº 5.459, de junho de 2005, que regulamenta o artigo 30 da referida MP, disciplinando sanções aplicáveis às condutas e atividades lesivas ao patrimônio genético ou ao conhecimento tradicional associado, por isso denominado *Decreto de Sanções*. A partir deste decreto, torna-se possível a aplicação de advertências, notificações, multas, apreensões, suspensão de vendas de produtos e embargo, dentre outras penalidades.

No presente momento o MMA delinea um projeto de lei que regulamenta o acesso aos recursos genéticos brasileiros, taxando produtos comerciais derivados da fauna e flora e desobrigando empresas e cientistas de repartir os benefícios durante a fase de bioprospecção. A

partir desta proposta, o MMA pretende justamente facilitar o acesso à biodiversidade brasileira e, com isso, traçar um cenário mais flexível àquele demarcado pela MP nº 2.186-16/01, desonerando as atividades de pesquisa. Nestes termos, a repartição de benefícios dar-se-ia apenas após o desenvolvimento de produtos. De acordo com a MP ora vigente, tal divisão já se inicia durante a fase de coleta e pesquisas, mesmo que estas não resultem em qualquer item comercial, desestimulando a ação de empresas farmacêuticas e de cosméticos e, de forma indireta, incitando a biopirataria.

Esta regulamentação é crucial para permitir a proteção adequada ao patrimônio genético nacional e seu uso para o desenvolvimento de novos produtos biotecnológicos. Por esta razão, emergem debates relativos aos impactos desta Lei na competitividade da bioindústria do país, além de aspectos pontuais como a distinção entre atividades de coleta de material biológico e de acesso ao patrimônio genético, que guardam importantes externalidades na execução de atividades de pesquisa e desenvolvimento.

No que diz respeito às condições de infra-estrutura, observam-se carências substantivas nas instituições públicas de ensino e pesquisa. A participação do setor público foi essencial para a conformação desta infra-estrutura, em programas nacionais como o PADCT e o PRONEX, mas também por meio de agências estaduais como a Fapesp, Faperj, Fapemig, Fundação Araucária, dentre outras, que viabilizaram a aquisição de equipamentos de maior porte e sofisticação. No entanto, conforme apontam Silveira *et alii* (2004), a maioria destas instituições se depara na atualidade com a falta de recursos para manutenção e aquisição destes ativos, além de dificuldades no processo de importação, dada a escassez de recursos, burocracia, tributação e oscilações do câmbio, bem como carência de acessórios, materiais de consumo e, principalmente, reagentes.

Este argumento é endossado por Couri (2004), que aponta uma forte concentração no país, em que 88% dos equipamentos se encontram nas regiões Sul e Sudeste. Em universidades federais das regiões Norte e Nordeste a gravidade da situação se expressa não apenas pela inexistência de recursos, mas também por problemas mais elementares, como o fornecimento regular de energia elétrica e água potável, além da carência de espaço físico. Além disso, tais instituições se ressentem da falta de equipamentos básicos, como balanças, autoclaves,

centrífugas e outros. A implantação do Programa Genoma Brasileiro, pelo MCT, possibilitou a concertação de condições de infra-estrutura mais avançadas em muitos dos Estados das Regiões Norte e Nordeste, minimizando este quadro, mas a situação de penúria ainda perpassa a maior parte dos estados nesta região.

Ainda de acordo com Couri (2004), a falta de equipamentos específicos impulsiona os grupos de pesquisas a estabelecer parcerias e empréstimos de equipamentos de outras instituições, o que contribui marginalmente para a formação de sinergias. No entanto, o aperfeiçoamento deste processo demandaria a criação de um banco de dados que informasse sobre a existência, localização e disponibilidade destes recursos. Finalmente, sugere-se maior investimento em bioinformática, na aquisição de equipamentos mais modernos e capacitação de profissionais, dado que as potencialidades da genômica e proteômica se vinculam em grande parte a isto. De forma análoga, é importante estimular maior quantidade de laboratórios a atingir níveis mais elevados de biossegurança.

A formação de recursos humanos é também crítica para o desenvolvimento do SNIB. Muito embora esta formação seja bastante satisfatória, conforme exposto no Quadro 3.4, verificam-se distorções no que tange à concentração de profissionais, a natureza da formação profissional e a carência de recursos capacitados em nichos altamente específicos e especializados.

O incremento deste contexto envolve a continuidade e expansão de programas de bolsas de pós-graduação em biotecnologia. Isto deveria ser acompanhado de políticas de desconcentração destes recursos, impulsionando vocações regionais e difundindo conhecimento para outras regiões do país, a exemplo do desenho organizacional do Programa Genoma Brasileiro. Batalha *et alii* (2004) sugerem políticas de incentivo à mobilidade de pesquisadores aposentados, doutores e recém-doutores que possam nuclear grupos de pesquisa em regiões menos tradicionais, o estabelecimento de parcerias com governos estaduais e criação de programas de intercâmbio, consórcios e convênios de cooperação. Ao mesmo tempo, é preciso se preocupar com a migração de cérebros (*brain drain*) para o exterior, aspecto diretamente relacionado à disponibilização de condições satisfatórias de infra-estrutura e remuneração.

Além disso, Silveira *et alii* (2004) destacam que, a despeito de o capital humano desempenhar papel chave na competitividade de empresas e instituições que atuem em campos com forte ritmo de mudança e inovação, persistem no país carências de profissionais qualificados para desenvolver um conjunto de atividades altamente específicas e especializadas, com destaque para bioinformática, engenharia de bioprocessos, sequenciamento genético, assessoria jurídica, regulação da propriedade intelectual, valoração da biodiversidade e gestão administrativa e financeira.

Finalmente, no que diz respeito às empresas, depara-se com um conjunto de incertezas em relação a sua atuação, que se referem às condições e padrões de investimento e execução de atividades de P&D, absorção de recursos humanos, interação interinstitucional e a dotação de ativos complementares críticos para sua inserção e crescimento.

A capacidade de investimento empresarial se vincula a um conjunto de condições mais gerais, dentre as quais se destacam a criação de linhas de financiamento em condições facilitadas, equalização de taxas de juros, evolução de mercados de capitais de risco e *seed money*. De forma análoga, a execução de atividades de P&D se reporta à capacidade destas empresas em absorver recursos humanos especializados. A este respeito, iniciativas similares àquelas adotadas pelo Pronex se mostram viáveis. Não se pode deixar de lado, contudo, a necessidade de revisão da cultura empresarial prevalecente, em que se opta em grande parte por uma estratégia de baixo risco que envolve a imitação e licenciamento de tecnologias desenvolvidas por universidades ou empresas multinacionais.

Isto remete ao papel das incubadoras no desenvolvimento de novas *start ups*, traço delicado do SNIB, em virtude de seu número restrito. De fato, conforme apontam Assad & Henriques (2004), apenas quatro se dedicam especificamente à biotecnologia, constituindo um obstáculo ao surgimento e fortalecimento de empresas mais sólidas e competitivas.

O fortalecimento das empresas também se relaciona à busca por maiores graus de interação interinstitucional, na forma de *clusters* e arranjos que envolvam outras empresas, universidades, institutos de pesquisa, agências de fomento e outras, reproduzindo a conjuntura existente em outros países e regiões. Destaca-se a participação do setor público, notadamente no caso brasileiro, dado que muitas pesquisas e equipamentos, por seu alto risco e custo, não

poderiam ser capitaneados por empresas, haja vista sua baixa capitalização. Pode-se, no entanto, fomentar um ambiente vicioso, em que a grande dependência do setor público resulte em externalidades negativas como o *crowding out*.

Seria também interessante que empresas nacionais buscassem, dentro de suas capacidades, internalizar parte da produção de equipamentos e reagentes. De fato, Silveira *et alii* (2004) sustentam que a dependência externa de equipamentos e reagentes para pesquisas, notadamente aqueles relacionados com as modernas técnicas da engenharia genética, constitui um dos grandes problemas da indústria biotecnológica nacional. Esta dependência pode se tornar um sério obstáculo ao desenvolvimento da biotecnologia no Brasil, principalmente em períodos de grande desvalorização ou instabilidade cambial. Finalmente, junto a estes produtos, é desejável que empresas busquem agregar outros ativos complementares, tais como competências na gestão da inovação e propriedade intelectual, análise e controle financeiro e orçamentário, melhor acesso a mercados e outros.

A somatória de todas estas incertezas, bem como seus possíveis desdobramentos, ensejam múltiplas possibilidades que podem ser mais bem apontadas por meio da técnica de cenários. As incertezas, hipóteses e cenários concebidos neste trabalho são expressos na Figura 4.3

Incertezas Críticas		Estados Alternativos das Incertezas			
Biotecnologia	Evolução, Funcionalidade e Convergência Tecnológica	<i>Breakthrough</i> tecnológico	Avanços consideráveis em nichos específicos, alto custo e acesso limitado	Avanços limitados, incrementais e descontínuos	
	Organização da Pesquisa	P&D descentralizada, buscando ativos específicos		P&D fortemente centralizada em matrizes e países desenvolvidos	
	Regulação em Biossegurança	Princípio da Equivalência Substantiva		Princípio da Precaução	
		Padrões internacionais de regulação		Padrões locais de regulação	
	Rotulagem e Rastreabilidade	Voluntário, diferencial competitivo		Obrigatório e barreira não-tarifária	
		Padrão Homogêneo Internacional		Padrão Difuso e Conflituoso	
	Direitos de Propriedade Intelectual	<i>First to file</i>		<i>First do Invent</i>	
		Critério de Utilidade		Aplicação prática	
Elevados níveis de <i>enforcement</i>			Baixos níveis de <i>enforcement</i>		
Padrão de Consumo	Ampla aceitação e demanda crescente	Aceitação parcial e demanda seletiva	Aceitação negativa e demanda residual		
Ambiente Político-Econômico-Institucional	Conjuntura Macroeconômica	Elevado ritmo de crescimento e expansão, crises controladas, fundamentos sólidos	Crescimento moderado, crises esparsas e tópicas	Crescimento nulo ou negativo, crises sistêmicas, fundamentos frágeis	
	Quadro Político Interno	Alta governabilidade, expectativas positivas, agenda política pró-ativa	Governabilidade limitada, baixa expectativa, agenda mínima	Crise de governabilidade, expectativa negativa, imobilismo político	
	Perfil das Políticas de C&T	Continuidade e seletividade	Descontinuidade e seletividade	Descontinuidade e falta de foco	
	Investimento em C&T	Crescente, contínuo e complementar	Proeminência do setor público, descontinuidade e <i>crowding out</i>	Estagnação, descontinuidade e <i>crowding out</i>	
Sistema Nacional de Inovação em Biotecnologia	Marco Regulatório em Biossegurança	Clareza, transparência e agilidade		Incerteza, morosidade e tensões	
	Sistemas de Rastreabilidade	Sistema eficiente de rastreabilidade		Incapacidade de garantir rastreabilidade	
	Sistema de Proteção e Gestão da Propriedade Intelectual	Presteza na concessão de patentes, fiscalização eficiente, DPI preservados		Morosidade concessões, baixa fiscalização, baixos níveis de garantia de DPI	
		Capacidade de negociação permanente de DPI		Modelo estático e polarizado	
	Acesso a Recursos Genéticos	Convergência entre uso sustentável, proteção da biodiversidade, acesso facilitado e proteção a recursos locais e conhecimentos tradicionais		Entraves à utilização de recursos, baixa fiscalização, comportamento predatório, negligenciamento de direitos e biodiversidade	
	Infra-Estrutura	Desconcentração, recuperação e aparelhamento, entraves reduzidos e sinergias	Concentração, recuperação e aparelhamento, entraves e sinergias reduzidas	Sucateamento, burocratização, dificuldade na geração de sinergias	
	Recursos Humanos	Formação contínua e interdisciplinar; solução de gargalos e desconcentração geográfica;	Formação contínua e interdisciplinar, solução de gargalos e concentração	Desinvestimento, desarticulação de grupos e carência em segmentos especializados	
Atuação das Empresas	Maior empreendedorismo e investimento, absorção de RH, vínculos interinstitucionais		Conservadorismo, investimento reduzido, estratégia imitativa, baixa absorção de RH, vínculos reduzidos		
		Cenário A Em Busca do Tempo Perdido	Cenário B Crônica de uma Morte Anunciada	Cenário C Germinal	Cenário D O Ser e o Nada

Figura 4.3 – Matriz de Incertezas e Delimitação de Hipóteses de Cenários

4.4 Cenários para a Biotecnologia no Brasil

Esta seção tem por objetivo uma descrição não exaustiva dos cenários expostos na Figura 4.3. É importante destacar que, dada a natureza temporal que é intrínseca a estudos envolvendo a técnica de cenários, adota-se para os mesmos o horizonte de uma década. A esta caracterização segue a identificação de pontos fortes e fracos do SNIB, bem como a observação de possíveis ameaças e oportunidades, nos termos da análise SWOT. A seção culmina na proposição de políticas e ações para seu adensamento e fortalecimento.

Cenário A – Em Busca do Tempo Perdido

Este cenário corrobora a conjuntura mais salutar entre as incertezas técnicas e regulatórias da biotecnologia, as condições macroeconômicas e políticas nacionais e o comportamento das variáveis que conformam o ambiente institucional do sistema nacional de inovação em biotecnologia.

De acordo com esta projeção, a evolução e funcionalidade das biotecnologias convergem para um *breakthrough* tecnológico, em que o campo se aproxima mais e mais da condição de um novo paradigma técnico-econômico, a exemplo do que a microeletrônica representou em meados do século XX. Os novos produtos e processos, fortemente baseados em princípios de engenharia genética e biologia molecular, mostram-se mais eficientes do que os métodos tradicionais, instituindo rupturas e novas trajetórias tecnológicas. O contínuo avanço do conhecimento permite que tais inovações sejam economicamente acessíveis a grande parte da população, contribuindo para sua disseminação.

Nesta perspectiva, a funcionalidade das biotecnologias é condição crítica para sua aceitação social, que se manifesta pelo elevado consumo e crescente demanda. No caso das agrobiotecnologias, a maior aceitação decorre da evolução qualitativa de variedades geneticamente modificadas, que não mais resultam em ganhos diretos apenas ao produtor (redução da aplicação de defensivos e fertilizantes), mas trazem consigo propriedades terapêuticas e maior valor nutricional, beneficiando de forma mais explícita os consumidores. Ao mesmo tempo, a demanda é impulsionada pela obtenção de níveis satisfatórios de segurança observados nos principais procedimentos biológicos. Após exaustivos – e conflituosos – estudos e análises, aceita-se que o princípio da equivalência substantiva, juntamente a outros

procedimentos auxiliares, como testes químicos e de toxicidade, por exemplo, constitui um indicador confiável acerca da qualidade e segurança de produtos engenheirados.

Esta constatação impulsiona largamente a produção e comércio internacional de biotecnologias. A ocorrência de acordos bilaterais e multilaterais na regulação da biotecnologia e biossegurança concorrem para isto, e ainda que permaneçam dispositivos jurídicos regionais, estes não se distanciam substantivamente dos processos vinculados a testes de equivalência, de modo que não se traduzem em custos de transação que elevem dramaticamente ou inviabilizem perspectivas favoráveis de comércio internacional.

O êxito observado na regulação internacional e a aceitação do princípio da equivalência faz com que programas de rotulagem e rastreabilidade permaneçam como instrumentos voluntários na maioria dos países, funcionando a certificação como um diferencial competitivo em mercados onde a resistência de consumidores é mais elevada, a fim de atender a uma demanda mais residual.

A evolução da biotecnologia é marcada por uma profunda necessidade de revisão de marcos regulatórios voltados à questão da propriedade intelectual. O célere desenvolvimento deste campo e as perspectivas de lucratividade incitam a formação de um conjunto de *best practices globais*, mais próximas ao modelo delineado pelo TRIPs. Desta forma, torna-se possível o patenteamento de microorganismos, desde que modificados geneticamente, bem como a obtenção de registros por protocolos, técnicas, procedimentos, dentro do critério de utilidade, que se mostra mais amplo e ubíquo do que o critério de aplicação prática. A relativa homogeneidade nas condições de patenteamento favorece o *enforcement*, possibilitando ao inovador a agregação de valor a suas pesquisas, criando um forte impulso ao desenvolvimento técnico-científico, mormente no setor privado.

A clara delimitação e garantia destes direitos beneficiam a formação de arranjos cooperativos em pesquisa, gerando intensas sinergias e partilha de ativos intangíveis. A descentralização da pesquisa se converte em alternativa viável para a circulação e produção do conhecimento na medida que é possível a celebração de contratos seguros e claros quanto aos beneficiários de uma patente.

A ocorrência da gestão do conhecimento e da inovação em bases consistentes possibilita uma organização da P&D fortemente descentralizada, que se estende a um vasto conjunto de países, dotados de competências e recursos específicos, permitindo que este paradigma seja mais frutífero na integração de países e regiões em uma mesma pesquisa, contribuindo para a redução de *gaps* tecnológicos e econômicos.

Desta forma, observa-se um ciclo virtuoso em que os avanços da biotecnologia influenciam e são influenciados por um ambiente institucional pressuroso a seu incremento. A aceitação social e a regulação de DPI estimulam novas inversões de empresas que, superado os gargalos técnicos iniciais, mantêm uma taxa de inovação bastante elevada, vislumbrando a consolidação deste paradigma.

Esta conjuntura se depara com um contexto brasileiro igualmente viável. Em primeiro lugar, nota-se uma conjuntura macroeconômica adequada, em que o crescimento elevado da economia em termos mundiais – parcialmente influenciada pelos próprios avanços da biotecnologia – permite a aferição de receitas tributárias pelo Estado, que se convertem em ações de desenvolvimento do SNI. No âmbito político, o fortalecimento da democracia e o maior controle da sociedade sobre a agenda e ação política culminam em um sistema mais confiável e menos corrupto. Desta forma, conta-se com alto grau de governabilidade do poder Executivo, suscitando expectativas positivas e a possibilidade de proposição de uma agenda política pró-ativa e direcionada às carências estruturais do país.

No campo da C&T, isto se traduz na possibilidade de definição de políticas e programas dotados de maior continuidade e menos imunes às transições administrativas. Desta forma, cria-se maior transparência e condições favoráveis à execução de pesquisas de longo prazo, favorecendo sobremaneira a biotecnologia. O gradual amadurecimento do sistema de fomento à C&T também implica maior análise e seletividade dos gargalos e demandas de cada setor, suscitando políticas mais propícias e efetivas.

As boas condições externas se traduzem em maior capacidade de investimento do Estado, que se evidencia também no fomento à C&T. Ao mesmo tempo, o amadurecimento das instituições democráticas, a continuidade e seletividade das políticas impulsionam o investimento

privado, motivado por maior empreendedorismo e também por ações tais como o uso do poder de compra do Estado, programas de benefícios fiscais ao investimento e outras ações neste sentido.

No que tange ao campo da biotecnologia, observam-se instituições regulatórias mais sofisticadas e eficientes, que permitem que o país se alinhe à conjuntura internacional favorável. A regulamentação da Lei 11.105/05 enseja um instrumento normativo mais claro, ágil e transparente, favorecendo a realização de estudos científicos, técnicos e econômicos envolvendo tanto variedades geneticamente modificadas até processos complexos relacionados à terapia celular e utilização de células-tronco embrionárias. O reconhecimento da viabilidade do princípio de equivalência substantiva reduz sobremaneira (embora não elimine) as tensões existentes entre diferentes *stakeholders*, tais como empresas, institutos de pesquisa, universidades e organizações do terceiro setor. Por esta razão, até mesmo as decisões da CTNBio suscitam menor contestação, prazo e controvérsias para aprovação e avaliação do CNBS.

As vantagens da regulação se adicionam a um sistema de gestão da propriedade intelectual mais vigoroso, em que se amplifica a capacidade de fiscalização e o processamento de pedido de registros, aproximando o contexto nacional da conjuntura externa. De forma análoga, a nova regulamentação de acesso aos recursos genéticos se mostra apta a minimizar tensões e possibilitar um equilíbrio entre o uso de recursos proteção da biodiversidade, acesso facilitado para sua coleta e utilização e proteção a conhecimentos tradicionais. A fiscalização também contribui para redução significativa de casos de biopirataria, conseguindo o país exercer de forma mais dilatada a soberania acerca de seu patrimônio genético.

A posição antagônica do país, que detém simultaneamente uma vasta biodiversidade, o que induziria a um argumento mais protecionista e de soberania, bem como segmentos e nichos altamente especializados em biotecnologia, que o aproximaria de instrumentos como o TRIPs, enseja a concertação de um fórum permanente de negociação de DPI, na medida em que se verificam avanços na base técnica deste campo.

O avanço nas condições genéricas do ambiente institucional, explicitado pela legislação em biossegurança e propriedade intelectual é corroborado por avanços em outros campos do referido ambiente, com destaque para as condições gerais de infra-estrutura, recursos humanos e atuação das empresas.

No que concerne à infra-estrutura, uma ação inicial possibilita o diagnóstico das condições gerais de equipamentos, acesso a insumos e reagentes, bem como do caráter concentrado de tais recursos. A partir desta constatação, programas de caráter nacional, como o CT-Biotecnologia e o CT-Infra, juntamente a iniciativas de FAPs viabilizam o aparelhamento de instituições públicas e universidades, vis-à-vis a percepção da natureza estratégica da biotecnologia. Concomitante a isto, o Governo Federal adota medidas para desburocratização dos procedimentos de importação de equipamentos e reagentes. Este processo contempla particularmente as regiões Norte e Nordeste, mais afetadas pelas distorções ora mencionadas, criando condições para que estas desenvolvam suas vocações locais. Uma das externalidades derivadas da melhor adequação de DPI se traduz em maior vinculação e sinergias entre distintas regiões, gerando produtos e processos tecnológicos que, licenciados, traduzem-se em dividendos que contribuem para a manutenção e incremento dos equipamentos existentes em tais instituições.

A descentralização dos equipamentos e condições de infra-estrutura é acompanhada de medidas similares no tocante aos recursos humanos. Dá-se continuidade a programas de pós-graduação e incentivo à formação de novos grupos de pesquisa envolvendo professores aposentados e recém-doutores que migram para regiões menos avançadas, favorecendo por sua vez a formação de acordos de cooperação com centros mais dinâmicos.

De forma análoga, a importância da genômica e proteômica no delineamento deste novo paradigma incentiva a formação de recursos humanos em nichos ora carentes e altamente especializados, como a bioinformática e sequenciamento genético. A criação de programas de mestrado profissionalizantes, mais voltados às demandas e carências empresariais, tais como gestão do conhecimento e inovação, logística, finanças e direitos de propriedade intelectual atrai o interesse das empresas, que passam a absorver tais profissionais de forma mais freqüente, refletindo benefícios expressos na Lei de Inovação e na MP 255, tais como a subvenção a mestres e doutores.

O êxito da biotecnologia em escala mundial denota um caráter mais empreendedor aos empresários locais, que compelidos pelo lucro de suas atividades e canais de financiamento público e privado mais amplos, convertem-se em agentes pró-ativos no SNIB, capacitando-se e

internalizando parcialmente a produção de uma série de insumos, equipamentos e reagentes, diminuindo a vulnerabilidade e dependência externa do país.

Desta forma, o investimento público se associa ao privado de maneira complementar, em que o setor público resguarda sua importância na realização de estudos e internalização de infraestrutura de maior custo e riscos, que não poderiam ser realizados pelo setor privado, mas este se torna mais operacional não apenas no custeio, mas também na execução de atividades de P&D.

Em síntese, este cenário coaduna condições privilegiadas de expansão da biotecnologia, do contexto macroeconômico e político brasileiro, de seu marco regulatório e do estado geral de suporte à biotecnologia no país. Por tais características, este cenário é denominado “Em busca do tempo perdido,” no qual o Brasil, tendo superado muitos dos gargalos que historicamente se interpuseram a um maior desenvolvimento de seu SNI, e aproveitando condições favoráveis neste campo do conhecimento, torna-se um *player* significativo e consegue se aproximar e mesmo acompanhar, em determinados nichos, a fronteira do conhecimento científico-tecnológico da biotecnologia.

Cenário B – Crônica de uma Morte Anunciada

Este cenário teoriza uma conjuntura em que o desenvolvimento da biotecnologia se dá de forma menos ubíqua do que no cenário anterior, embora conquiste avanços consideráveis, em meio a um contexto pouco propício ao fortalecimento do SNIB, culminando em seu enfraquecimento e desmobilização.

Desta forma, observa-se a expansão do conhecimento técnico-científico deste campo e, ainda que este não se converta em um novo paradigma tecnológico, contribui significativamente no surgimento de novas trajetórias e na revitalização de trajetórias declinantes em áreas da indústria química, farmacêutica e agroalimentar. Em virtude de limitações e entraves técnicos, no entanto, a biotecnologia não consegue se desenvolver de maneira homogênea em todos os segmentos da economia. Seus avanços, ainda que voluptuosos, concentram-se em determinados nichos, em um ritmo gradual e descontínuo. De forma análoga, seus produtos e serviços se mostram mais eficientes em muitos mercados, com destaque para o campo da saúde humana, que descerra maior esgotamento de trajetórias tecnológicas tradicionais, conta com menor resistência da sociedade civil e, portanto, concentra as possibilidades mais promissoras de rentabilidade.

Estas inovações, contudo, são derivadas de longo período de investigações e investimentos, ocasionando produtos de elevado valor agregado e acessíveis apenas a determinados estratos da população.

No segmento das agrobiotecnologias, por sua vez, logram-se melhorias em processos de cruzamento e seleção, procedimentos fitossanitários e na qualidade de plantas e espécies vegetais, mesmo as não geneticamente modificadas. Contudo, a complexidade do processo não permite substantivos avanços na disponibilização de variedades dotadas de valor terapêutico e de maior conteúdo nutricional. Estas, tal como no caso da saúde, apresentam custos elevados, restringindo-se o acesso a grandes produtores e consumidores de maior poder aquisitivo.

O elevado custo e a permanência de incertezas técnicas influenciam a aceitação de tais produtos, de modo que o padrão de consumo é apenas parcialmente favorável, visto que estas incertezas se refletem em dúvidas residuais quanto a efeitos colaterais e adversos das biotecnologias, suscitando tensões e conflitos entre *stakeholders* em múltiplas instâncias.

Após a realização de estudos, e também em razão da chancela de organizações multilaterais como a FAO e OMS, delinea-se razoável tendência à aceitação do princípio da equivalência substantiva, embora isto se dê em um ambiente controverso. De forma análoga, concerta-se um tênue equilíbrio na regulação em biossegurança. Ainda que os entraves, peculiaridades e idiosincrasias regionais se dêem de forma mais ampla do que teorizado no cenário anterior, é possível identificar uma conjuntura satisfatória para a expansão e comércio de produtos da biotecnologia, não obstante a existência de nichos mais reticentes aos mesmos. Em razão desta insegurança, nota-se maior importância e exigência quanto à rotulagem e rastreabilidade de OGMs, mormente aqueles derivados da agricultura e pecuária, em aquiescência aos princípios básicos de opção de escolha e direito do consumidor.

No que concerne à organização da pesquisa, as incertezas técnicas supõem a manutenção do modelo de redes, *clusters* e arranjos cooperativos de pesquisa e inovação. No entanto, o alto custo da pesquisa, decorrente destas incertezas e o receio de imitação por países menos desenvolvidos se traduz em maior reticência na inclusão destes últimos em tais arranjos, imiscuindo-se a pesquisa em biotecnologia em um contexto mais seletivo e elitizado.

Um cenário com estes contornos evidencia a necessidade de DPI mais rigorosos e austeros, a fim de compensar os elevados investimentos despendidos em pesquisa e inovação, bem como para discriminar os ganhos de cada agente inserido em um arranjo. Os complexos e onerosos procedimentos e protocolos envolvidos na pesquisa justificam a possibilidade de patenteamento para os mesmos, em consonância ao critério de utilidade. Em virtude da maior competitividade deste processo, aceita-se que o beneficiário da inovação é aquele que primeiro a registra, segundo moldes de explicitação objetiva, com vistas a minimizar os riscos de biopirataria.

Nesta ótica, este contexto permite intuir boas perspectivas de desenvolvimento e rentabilidade no campo da biotecnologia, mas as condições para isto se tornam mais exigentes e restritivas. O contexto brasileiro, no entanto, mostra-se menos alinhado a esta conjuntura. O contexto macroeconômico é relativamente turbulento, marcado por taxas de crescimento medianas, restrições ao investimento e ocorrência de crises esparsas, que infligem ao Estado a necessidade de orquestrar ações mais voltadas ao curto e médio prazo, fragilizando setores e segmentos que exigem investimento contínuo e um horizonte mais dilatado para sua maturação e exposição de resultados, como a C&T em geral e a biotecnologia em particular.

Ao mesmo tempo em que a conjuntura macroeconômica constitui uma adversidade, o pluripartidarismo e o fisiologismo, frutos da inapetência em constituir reformas políticas mais pervasivas, permanecem como obstáculo à governabilidade, junto à desmotivação, descrença e baixa expectativa da sociedade civil, implicando a adoção de agendas políticas mais lacônicas e pragmáticas que contemplem os problemas cotidianos da administração pública.

Por conta disto, observa-se certa descontinuidade nas ações e políticas voltadas ao campo da C&T. A contínua sucessão de *policy makers* e gestores públicos inviabilizam a consolidação de uma cultura institucional que valorize ações e planejamento estratégicos e de longo prazo, e a carência e instabilidade de recursos debilitam a perenização de linhas, áreas e grupos de pesquisa, implicando desagregação de estudos, equipes e linhas promissoras do conhecimento.

Os problemas de investimento do setor público são compartilhados pelo setor privado que, em um contexto de incerteza econômica e institucional, optam por ações mais conservadoras no que tange à internalização de atividades de P&D. Ainda que as políticas estatais se mostrem

eficientes ao menos na identificação de carências e gargalos estruturais de cada campo e setor, tornando-se mais seletivas, a insegurança quanto à continuidade de programas provoca um efeito *crowding out*, evitando o setor privado o comprometimento de recursos em programas instáveis e passíveis de interrupção.

No que se refere ao marco regulatório, observa-se a continuidade de distorções, com destaque para a regulação em biossegurança e a observância de DPI. Em relação ao primeiro aspecto, as incertezas relativas aos procedimentos e produtos da biotecnologia suscitam maior controvérsia e tensão entre *stakeholders* nacionais. Enquanto produtores se alinham a um viés mais concessivo, focando princípios de equivalência substantiva, organizações ambientalistas e parcela da sociedade civil insistem na realização de mais estudos e pesquisas, assim como na rejeição sistemática de tais produtos.

Estas controvérsias prejudicam o processo regulatório no país e, em que pese a regulamentação da Lei 11.105/05, as decisões da CTNBio são sistematicamente contestadas por outros órgãos. Além da burocracia, as incertezas estruturais da biotecnologia tornam o processo de revisão e as avaliações do CNBS algo longo e extenuante, dificultando a execução de pesquisas, estudos e comercialização de biotecnologias, desencorajando investimentos e as condições de trabalho, ocasionando migração de recursos humanos especializados para o exterior, em busca de condições de trabalho mais facilitadas e acesso a fomento.

As dificuldades de coordenação e regulação do Estado também se expressam no sistema de rotulagem e rastreabilidade. No mercado interno, a capacidade de fiscalização é modesta e, em virtude dos elevados custos e do receio de rejeição dos consumidores, as empresas desrespeitam os dispositivos previstos na rotulagem de OGMs. De forma análoga, os elevados custos e a baixa coordenação dificultam a criação de um programa confiável de rastreabilidade, impossibilitando a garantia de partidas segregadas e impingindo aos produtores nacionais barreiras não-tarifárias em vários mercados. Tal contexto é agravado pela restauração da competitividade norte-americana que, dispondo de um sistema de segregação mais eficiente, recupera seu papel de principal produtor e exportador mundial de grãos transgênicos e não-transgênicos, com destaque para a soja, milho, trigo e canola.

Concomitante a isto, são pouco profícuos os esforços na constituição de um sistema eficiente de gestão e fiscalização de direitos de propriedade. O processo de concessão de patentes permanece moroso e mesmo que muitas empresas – públicas e privadas – optem pela obtenção de registros internacionais, a fiscalização é igualmente deficiente. Esta fragilidade também se expressa na incapacidade do país em instituir um sistema de regulação e negociação permanente de DPI em escala internacional, culminando em uma posição mais vinculada à garantia da defesa e soberania do patrimônio genético nacional ante os riscos de biopirataria.

A este respeito, o sistema legal de acesso aos recursos genéticos permanece turvo e intrincado para pesquisadores locais, estimulando muitas vezes práticas irregulares, fomentadas também pela incapacidade de fiscalização do Estado. O resultado disto é um comportamento predatório sobretudo, em que a bioprospecção – sobretudo internacional – se manifesta muitas vezes de forma ilícita, não-sustentável e alheia à valorização e remuneração de conhecimentos tradicionais associados.

No que concerte às condições de infra-estrutura, nota-se a continuidade de uma política de segregação e concentração, em que apenas os principais laboratórios e universidades das regiões Sul e Sudeste são contempladas, em vista da escassez de recursos. Os avanços necessários em desconcentração do investimento, acesso a equipamentos mais sofisticados, material de consumo básico e simplificação do processo de importação são pouco incisivos. A manutenção da penúria nas demais regiões inviabiliza o aproveitamento das vocações locais e a escassez coletiva dificulta sobremaneira a ocorrência de sinergias e circulação de ativos tangíveis (equipamentos, reagentes e outros) e intangíveis.

A incapacidade de se prover condições salutaras de funcionamento a estas regiões desincentiva a mobilidade de pesquisadores e recursos humanos, criando um círculo vicioso que culmina na maior concentração de profissionais e equipamentos. Ainda que sejam parcialmente supridas as carências de técnicos especializados em áreas-chave, estes também se concentram nas regiões Sul e Sudeste.

As empresas, dadas as dificuldades técnicas e institucionais, adotam uma postura conservadora, com baixo nível de riscos e investimento, optando pela imitação e licenciamento de tecnologias e produtos desenvolvidos sobretudo por universidades e institutos públicos de

pesquisa, dada a restrição e concentração da pesquisa em escala internacional. O pequeno porte das empresas e suas dificuldades operacionais se refletem na baixa absorção de profissionais e em uma postura mais isolacionista. Dadas estas condições, são pouco frutíferas as tentativas de internalização da produção de equipamentos e insumos básicos como reagentes, mantendo-se forte dependência externa.

Em linhas gerais, portanto, este cenário supõe um desenvolvimento intermediário da biotecnologia, em que as perspectivas de lucratividade e desenvolvimento são fortemente influenciadas pela capacidade em estabelecimento de arranjos internacionais cooperativos de pesquisa, pela capacidade de investimento público e privado, pela continuidade de políticas, pela concertação de um ambiente institucional eficiente na regulação de princípios de biossegurança e propriedade intelectual e pelo equacionamento de carências e gargalos em infra-estrutura e recursos humanos. A não observância destas condições tende a ocasionar um isolamento e descolamento dos principais países e centros de estudo em biotecnologia. Em razão de inapetência do país em atender tais condições, o Brasil se converte progressivamente em um parceiro menos interessante na celebração de acordos internacionais de pesquisa e cooperação, afastando-se mais e mais da fronteira do conhecimento neste campo. O SNIB perde seu vigor e tende à ruptura e desarticulação, restando a ação esparsa de poucas universidades e institutos. Deste contexto deriva o nome atribuído ao cenário, “crônica de uma morte anunciada”, dado que o país vai pouco a pouco se insulando da fronteira do conhecimento na biotecnologia e o SNIB tende à extinção.

Cenário C – Germinal

Este cenário sugere uma conjuntura em que o desenvolvimento da biotecnologia, assim como as condições internacionais de regulação da biossegurança e direitos de propriedade intelectual, caracterizam-se por vasto espectro de conflitos e discontinuidades. Por seu turno, o Brasil logra êxito na orquestração de um ambiente institucional favorável ao desenvolvimento de seu SNI. Contudo, as condições pouco propícias no contexto internacional fragilizam a posição do SNIB, culminando em dúvidas quanto a sua viabilidade e manutenção.

Nesta ótica, o avanço do conhecimento técnico-científico na biotecnologia é marcado por um quadro heterodoxo, em que alguns segmentos evoluem com maior fluidez, enquanto outros esbarram em antagonismos e percalços mais complexos, confluindo uma evolução mais modesta.

Desta feita, a biotecnologia não se estabelece como um novo paradigma e enseja trajetórias inéditas de forma limitada, prevalecendo na maior parte dos casos a revitalização e perspectivas adicionais ao longo de trajetórias tecnológicas tradicionais.

No campo da saúde humana, a criação de novos medicamentos, *kits* de diagnósticos e processos terapêuticos evolui de forma continuada. As técnicas e protocolos envolvendo a utilização de terapia celular e células-tronco, no entanto, esbarram em obstáculos que dificultam a conformação de novas trajetórias e rupturas. No âmbito agrícola a geração de variedades a partir da biotecnologia evolui de forma substantiva em níveis mais intermediários da biotecnologia e, embora a produção de variedades geneticamente modificadas se converta em um procedimento mais rotineiro e difundido, encontram-se barreiras à gestação de cultivares que apresentem benefícios mais explícitos aos consumidores, restringindo a aceitação a tais produtos. Sua expansão é também dificultada em virtude da conformação do ambiente institucional e normativo inerente a boa parte dos países.

As dificuldades e gargalos técnicos implicam elevados custos e riscos na execução de atividades de pesquisa, de forma que estas se concentram em países mais industrializados e grandes corporações multinacionais. De forma análoga ao cenário anterior, países e empresas menos prósperos tendem a uma condição intermediária por não reunirem condições técnicas e financeiras para se inserir em arranjos internacionais de pesquisa e pelo temor dos primeiros em práticas de biopirataria.

Estes gargalos e incertezas levam a maioria dos países a rejeitarem o princípio de equivalência substantiva e a adotarem um enfoque mais precatório, limitando sobremaneira as perspectivas de comércio internacional em determinados segmentos da biotecnologia. Este fato é agravado pela não concertação de padrões internacionais de regulação e DPI, fator que eleva acentuadamente custos de transação.

Em razão desta conjuntura, emerge a questão da rotulagem e rastreabilidade, dada a maior resistência de consumidores sobretudo a produtos agrícolas. Apenas nos segmentos vinculados à saúde humana se observa menor resistência, fruto do maior esgotamento das trajetórias neste campo e pelo desconhecimento da população acerca da utilização da biotecnologia neste nicho.

Configura-se pois um quadro em que o padrão de consumo da biotecnologia é seletivo e limitado, com forte resistência a variedades geneticamente modificadas na agricultura e pecuária.

A controvérsia internacional na regulação da biossegurança se estende aos princípios de propriedade intelectual. Apesar da pressão da OMC em criar um conjunto de *best practices* globais e insistir que os países-membro regulamentem direitos de propriedade no campo da biotecnologia, muitos optam por alinhar suas ações em consonância a princípios expressos na CDB, priorizando aspectos como a soberania nacional na utilização de seu patrimônio genético.

As maiores controvérsias quanto à propriedade intelectual se relacionam à tentativa de padronização do modelo “*first to invent*”, em que o beneficiário de uma patente não é aquele que primeiramente a registrou, mas aquele que efetivamente a criou. A intenção desta ação é minimizar riscos de biopirataria e também favorecer empresas que atuem em sistemas de mercados livres. A lógica desta ação é que eventuais processos e descobertas feitas por estas empresas que eventualmente não tivessem sido patenteados poderiam ser posteriormente reclamados caso tais processos se mostrassem potencialmente lucrativos no futuro, desde que se dispusesse de instrumentos para provar que o conhecimento em questão fora originalmente desenvolvido pela mesma. Isto implicaria problemas a países e empresas com menor grau de formalização de suas atividades de P&D.

Por outro lado, prevaleceria um contexto em que apenas aplicações práticas, ou seja, tecnologias e produtos seriam objetos passíveis de patenteamento. Deste modo, procedimentos metodológicos e outros elementos intermediários estariam à margem de proteção. As controvérsias existentes neste aspecto se traduzem em baixos níveis de *enforcement*, desestimulando ações e investimentos de pesquisa.

Estas condições adversas ao desenvolvimento da biotecnologia se defrontam com um contexto brasileiro peculiar e favorável, em que o Estado se notabiliza pelo investimento contínuo e crescente em C&T, a continuidade e seletividade das políticas e a demarcação de condições institucionais – regulação, ativos e recursos humanos – favorável ao incremento do SNIB.

Em primeiro lugar, o ambiente macroeconômico se caracteriza por taxas de crescimento elevadas e fundamentos relativamente sólidos, que tornam o país um *locus* apropriado ao investimento internacional. As crises que se apresentam são controladas e, tanto em âmbito interno como externo, não se observam solavancos que prejudiquem significativamente a evolução da economia e comércio internacional. Este aspecto é beneficiado pelo elevado nível de governabilidade, que possibilita uma agenda política favorável a ações de longo prazo. A receita auferida com a tributação e *superávit* comercial possibilita melhor condição do Estado no tocante a investimentos.

Este contexto favorece a evolução de ações voltadas à C&T, que demandam investimento contínuo e longos prazos de maturação. Por esta razão, as políticas são mais claras e transparentes, favorecendo a formação de grupos, linhas e áreas de pesquisa em distintos campos do conhecimento. O amadurecimento político e consolidação democrática possibilita que mesmo em períodos de transição administrativa seja dada continuidade a programas e linhas de ação mais promissoras e dilatadas. Ao mesmo tempo, o caráter seletivo das políticas permite ações mais efetivas e racionalizadas.

O crescimento do investimento público se defronta com um ambiente ambíguo quando deparado com o setor privado. Ainda que se disponha de condições econômicas e institucionais favoráveis a tais inversões, as condições setoriais desempenham papel importante na propensão a investir. No caso da biotecnologia, a ação privada é restringida pelas dificuldades técnicas, acesso a mercados, incertezas regulatórias e limitada aceitação popular.

No âmbito interno, o país consegue dar curso a um arranjo institucional ágil em biossegurança, com célere tramitação de processos de solicitação de estudos experimentais e comerciais. Há que se mencionar, no entanto, que esta presteza é fruto de uma opção deliberada do setor público, que faz uma opção preferencial pelo desenvolvimento da biotecnologia, não obstante as muitas incertezas técnicas, conflitos, tensões e resistência de órgãos como o IBAMA, MMA, organizações não-governamentais e entidades de proteção ao consumidor. Dito de outra forma, ainda que internacionalmente vigore o princípio da precaução, aposta-se em uma estratégia de “desenvolvimento a qualquer custo”, suscitando riscos econômicos, sociais e ambientais.

Para que tal estratégia seja possível, e diante da importância do agronegócio no país, dá-se origem a um eficiente sistema de rastreabilidade. Isto possibilita a continuidade de condições favoráveis de inserção e comercialização em países que registrem maior resistência a OGMs. De fato, a resistência a tais variedades produz uma mudança qualitativa na pesquisa científica no Brasil, em que são priorizados estudos e técnicas voltados a biotecnologias que contribuam para o melhoramento genético de variedades animais e vegetais, com pouco destaque à geração de espécimes engenheirados.

Concomitante à rastreabilidade, o sistema de proteção à propriedade intelectual experimenta avanços significativos, e o processo de registro e fiscalização se tornam mais eficientes. Ao mesmo tempo, a legislação de acesso aos recursos genéticos logra êxito na conservação e uso da biodiversidade, impondo poucas barreiras burocráticas a pesquisadores nacionais. A bioprospecção se dá de maneira mais harmoniosa, considerando o conhecimento tradicional, e inspeções mais eficientes minimizam ações predatórias e de biopirataria.

No entanto, o sistema de propriedade intelectual se caracteriza por um viés mais estático, dada a elevada controvérsia externa que inviabiliza a concertação de arranjos mais amplos, prevalecendo acordos tópicos e de caráter bilateral que progridem pouco em relação a negociações simultâneas ao avanço da base técnica.

No que diz respeito às condições de infra-estrutura e formação de recursos humanos, as melhores condições de investimento do Estado se traduzem em uma melhoria ampla e generalizada, em que os principais gargalos são diagnosticados e são propostas ações mitigadoras dos efeitos negativos.

Desta forma, a infra-estrutura em biotecnologia é robustecida por melhores equipamentos, e descentralização. Dada a impossibilidade de se prover condições similares a todas as regiões, dá-se prosseguimento à organização em rede e é criado um banco de dados quanto à existência e disponibilidade de equipamentos. As sinergias entre regiões são estimuladas pelo fácil acesso e deslocamento de pesquisadores, e também por políticas de desconcentração de recursos humanos, que envolvem programas de fixação de doutores e acordos de cooperação técnica.

A estas medidas se junta a desobstrução do processo de importação e internalização da produção de determinados insumos, como máquinas menos sofisticadas e reagentes, por empresas nacionais subsidiadas, reduzindo a vulnerabilidade externa. Por seu turno, a formação de recursos humanos é valorizada com o aumento da destinação de bolsas para pós-graduação, criação de programas de mestrado profissionalizantes em segmentos especializados e a capacitação em áreas como bioinformática, sequenciamento e engenharia de bioprocessos, permitindo avanços nos campos da genômica e proteômica.

A conjuntura e ambiente provido pelo setor público, no entanto, defronta-se com ressalvas oriundas do setor privado. Isto porque não obstante a existência de condições institucionais, políticas e recursos financeiros em padrões competitivos, a própria incerteza da biotecnologia tende a incutir nos empresários um comportamento mais prudente e reservado. As dificuldades de acesso a mercados, a rejeição parcial a determinadas agrobiotecnologias e o ceticismo a respeito de OGMs faz com que as empresas com atuação no segmento da saúde invistam de forma mais sistemática. Assim, a taxa de inversão e a absorção de profissionais é limitada, priorizando tecnologias mais simples e derivadas de licenciamento e a produção de insumos e infra-estrutura por algumas empresas nacionais. Isto ocasiona uma distorção no parque nacional de empresas, com proeminência daquelas que atuam nos segmentos de saúde humana em detrimento das que se dedicam à biotecnologia na agricultura e pecuária.

Este cenário ilustra, pois, um contexto em que as principais condições entrópicas para o desenvolvimento do SNIB parecem relativamente estáveis. O Estado recupera sua capacidade de investimento e detém maior margem de manobra para ações de longo prazo, favorecendo a C&T e a biotecnologia. As condições macroeconômicas e políticas se alinham a isso, possibilitando uma agenda estratégica e voltada ao longo prazo. O amadurecimento político e a disponibilidade de recursos culminam em políticas mais perenes e contínuas, que contam com a confiança e credibilidade da comunidade científica e do setor empresarial.

Isto permite vislumbrar uma boa efetividade do SNI no Brasil. No que concerne à biotecnologia, no entanto, as dificuldades técnicas e comerciais advindas deste campo dificultam sua expansão. O avanço limitado e descontínuo da biotecnologia, juntamente à menor aceitação popular em segmentos como os OGMs, juntamente à dificuldade de demarcação de direitos de propriedade intelectual desincentivam grandes inversões e, ainda que o Brasil reúna condições de

se tornar um parceiro importante, há pouco espaço para tais arranjos em nível internacional. Nestes termos, o SNIB se assemelha a uma semente ou gérmen que, ainda que dotado de uma estrutura interna adequada, pode esbarrar em condições adversas e pouco pressurosas no ambiente externo. Estas condições demarcam o cenário designado “Germinal”, no qual ainda que as condições entrópicas para o desenvolvimento do SNIB sejam favoráveis, o contexto externo se mostra pouco oportuno ou adequado a sua maior dilatação.

Esta conjuntura denota uma condição delicada ao SNIB, uma vez que poderia implicar sua desarticulação ou supressão. Contrariamente ao cenário passado, em que o SNIB se fragmentava em razão de sua própria fragilidade, neste caso o esfacelamento poderia decorrer de uma opção deliberada, dadas as perspectivas inóspitas de desenvolvimento decorrentes de uma conjuntura internacional pouco favorável em termos técnicos e regulatórios. Poder-se-ia, neste caso, adotar ações similares a países como Chile e Irlanda, por exemplo, que se notabilizam pela inexistência de sistemas de inovação em biotecnologia e optam pela aquisição de pacotes tecnológicos provenientes de outras regiões, haja vista fatores como baixos custos de transação e a divisibilidade de tais pacotes.

Cenário D – O Ser e o Nada

Este último cenário conforma uma perspectiva oposta àquela apresentada no primeiro cenário, cristalizando expectativas e desdobramentos bastante negativos a respeito da evolução da biotecnologia, do ambiente macroeconômico e político brasileiro e do SNIB. Em virtude de condições externas adversas, bem como a incapacidade do Brasil em prover um ambiente institucional favorável ao desenvolvimento de seu SNI e SNIB, há uma forte tendência de desagregação deste último, na medida em que o próprio campo da biotecnologia se mostra bastante aquém de suas perspectivas iniciais.

Em relação à biotecnologia, nota-se que as incertezas técnicas são de tal magnitude que comprometem sua evolução, funcionalidade e convergência técnica. Desta forma, não se logra êxito em grandes rupturas. Os avanços são incrementais e bastante descontínuos, prestando-se quase que exclusivamente na continuidade de trajetórias tecnológicas tradicionais.

Não apenas os avanços da biotecnologia se mostram pouco pervasivos, mas também as práticas são imiscuídas por grande grau de incerteza em relação à segurança de processos e seus

efeitos sobre o meio ambiente e a qualidade de vida. Por isto, prevalece de forma generalizada o princípio da precaução. Tal contexto se traduz em uma atitude protecionista da maioria dos países, bem como padrões de regulação eminentemente locais, com grandes distinções entre os mesmos, dificultando sobremaneira as possibilidades de comércio internacional, dado que a adequação a distintas regulamentações eleva substantivamente custos de transação, desmotivando empresas e investimentos.

A incerteza quanto à segurança de procedimentos e produtos biológicos, juntamente ao parco avanço manifestado por estes processos, implica forte rejeição aos mesmos, manifestada pela ação de ONGs, parcela da sociedade civil e segmentos do setor público. Tal rejeição ocorre de maneira mais sistemática às agrobiotecnologias. Muitos dos OGMs disponibilizados ao mercado podem resultar em externalidades negativas à saúde, criando ojeriza a praticamente todas as variedades engenheiradas, dada a impossibilidade de se determinar de forma conclusiva aqueles dotados de maior qualidade e segurança. Por isto, a biotecnologia na agricultura se resume cada vez mais a processos de cruzamento menos estocásticos, pureza varietal e melhoramento de sementes, utilizando sobretudo protocolos de sofisticação intermediária. Por este motivo, as grandes empresas que atuam neste segmento gradualmente optam pela interrupção das atividades, face às perspectivas mais modestas de lucratividade e pelo fato que muitos institutos públicos de pesquisa nos mais diversos países já desempenham tais funções de forma competitiva e a custos reduzidos.

No que concerne ao campo da saúde, são pouco frutíferas as técnicas envolvendo terapia celular e a utilização de células-tronco, a despeito de suas potencialidades, não se traduz em tratamentos inovadores e revolucionários. As dificuldades são demasiado grandes, de modo que o avanço se dá de maneira branda e descontínua. Por esta razão, o uso da biotecnologia neste campo evolui com mais vigor em aplicações mais tradicionais, como *kits* de diagnósticos e pesquisa de novos medicamentos, com baixo grau de ruptura técnica e transição tecnológica.

Nesta conjuntura, os custos de pesquisa e riscos que lhe são inerentes são bastante elevados. Juntando a isto o ambiente adverso e um padrão de consumo pouco favorável, não apenas as empresas restringem seus investimentos, mas também se reduzem os recursos oriundos do mercado de capitais e *seed money* para novos empreendimentos. A biotecnologia se converte pois em um campo bastante seletivo, no qual apenas países mais prósperos e grandes

multinacionais detêm condições adequadas de inserção, mas o interesse e dispêndio são declinantes em virtude da conjuntura ora apresentada.

Concomitante às dificuldades técnicas, custos, riscos e baixa aceitação social, a regulação de direitos de propriedade intelectual também constituem entrave ao investimento e formação de arranjos cooperativos. Não obstante exaustivas tentativas, não se chega a um consenso internacional a este respeito, e os debates são polarizados entre os pressupostos sustentados pela OMC (TRIPs) e pela CDB. Isto faz que muitos dos elementos passíveis de patenteamento pela ótica da OMC não encontrem correspondência em países que se alinham à segunda perspectiva, prejudicando a remuneração do inovador. Não há concordância quanto ao patenteamento de processos, protocolos, metodologias ou organismos modificados geneticamente, sobrepondo-se o conceito de aplicação prática sobre o critério de utilidade, bem como modestos níveis de *enforcement*. Isto constrange ainda mais os investimentos, fazendo com que o desenvolvimento e incremento da biotecnologia seja limitado não apenas por razões técnicas, mas também pela conformação internacional do ambiente institucional.

Este contexto desfavorável é homólogo à conjuntura brasileira. O panorama macroeconômico se revela contraproducente, e a sucessão de crises internas e externas resulta em fundamentos frágeis, grande vulnerabilidade e instabilidade. Ao mesmo tempo, a continuidade do fisiologismo e fragilidade partidária, associados à forte corrupção e descrença da sociedade se traduzem em baixos níveis de governabilidade, baixas expectativas e incapacidade em dar curso a ações de longo prazo ou uma agenda pró-ativa, prevalecendo um caráter defensivo e caótico na ação política.

Em meio a isto as políticas públicas, de uma forma geral, e as de C&T em particular se notabilizam pelo caráter descontínuo e ausência de foco estratégico. As sucessivas transições administrativas promovem uma contínua revisão de objetivos e metas, em que cada gestor busca imprimir uma “marca própria”, comprometendo o prosseguimento e organicidade de ações. A vulnerabilidade macroeconômica impõe restrições à capacidade de investimento e sua perenização, prejudicando a manutenção de grupos, linhas e áreas de pesquisa, mormente em casos em que o investimento demanda um horizonte temporal mais dilatado para maturação. Este panorama promove o efeito *crowding out* e debilita o investimento privado, que se ressentido de

condições institucionais mais favoráveis e teme que a interrupção de programas comprometa o retorno de suas inversões.

No que diz respeito ao ambiente institucional, constata-se uma evolução negativa do marco regulatório em biossegurança, do sistema de propriedade intelectual e na regulamentação de acesso a recursos genéticos. A insegurança relativa às práticas e procedimentos biotecnológicos resulta em um marco regulatório lento e moroso, no qual as deliberações da CTNBio são sistematicamente contestadas por órgãos públicos, entidades de defesa ao consumidor e ONGs. A indeterminação de prazos para as resoluções do CNBS, aliadas às dificuldades técnicas de análise e verificação torna o processo de obtenção de autorização para estudos e pesquisas bastante diuturno, repelindo pesquisadores e investidores.

Não obstante este panorama, o sistema de proteção à propriedade intelectual mantém uma trajetória disfuncional, na qual a concessão de registros e a fiscalização se processam de maneira ineficaz. A controvérsia internacional a este respeito impede o estabelecimento de um fórum constante de negociação de tais direitos. Muito embora o Brasil se alinhe às prerrogativas da CDB (dado seu atraso técnico e distanciamento progressivo da fronteira tecnológica, que restringe o desenvolvimento de produtos e processos inovadores), a legislação de acesso aos recursos genéticos é inflexível e desvantajosa aos pesquisadores brasileiros. Ao mesmo tempo, a capacidade limitada de fiscalização resulta em atividades bioprospectivas predatórias, pouco comprometidas com a utilização sustentável do patrimônio genético, a valorização e remuneração de conhecimentos tradicionais. Neste contexto, pouco é feito para evitar a depleção e práticas de biopirataria.

De forma adjacente às questões de regulação, evidencia-se uma incapacidade do Estado em prover condições adequadas de infra-estrutura e formação de recursos humanos. Por esta razão verifica-se um gradual sucateamento do equipamento existente, e apenas ocasionalmente universidades e institutos públicos situados em regiões mais dinâmicas são agraciadas com novos equipamentos – ainda que menos modernos que os disponíveis nos principais centros mundiais – e manutenção dos ativos existentes.

Esta situação é mais dramática nas regiões Norte e Nordeste, que não dispõem de equipamentos convencionais e mesmo reagentes e insumos básicos à pesquisa, inviabilizando o

aproveitamento de vocações regionais e sua dinamização. De forma análoga, a escassez de recursos dificulta a mobilidade de pesquisadores e solapa possíveis sinergias e cooperação interna. A ausência de subsídios impossibilita a formação de uma indústria nacional de máquinas, equipamentos e produtos de consumo básico, conservando a dependência e vulnerabilidade às condições externas. A formação de recursos humanos enfrenta problemas similares, na medida em que são continuamente reduzidos os investimentos e bolsas na formação de novos profissionais, desinvestimento em segmentos especializados. Os profissionais existentes optam pela fixação nas regiões Sul e Sudeste, onde as limitações e carestia são menos agudas que nas demais regiões do país.

Em tal cenário, as empresas nacionais também adotam uma postura defensiva, dada a inexistência de recursos financeiros para investimentos, dificuldades de acesso a mercados, incertezas regulatórias, baixa disponibilidade de recursos humanos dotados de competências mais voltadas às suas necessidades e condições deficientes de infra-estrutura. Os empreendimentos que conseguem subsistir neste contexto se dedicam usualmente a pequenos nichos, mormente no campo da saúde humana e suas perspectivas de rentabilidade são pouco pressurosas.

Depreende-se pois que nestes termos a biotecnologia não confirma as projeções otimistas originalmente feitas a seu respeito. Somando a isto um ambiente institucional bastante desfavorável, as empresas e investidores tendem a abandonar gradativamente suas ações neste campo. Esta tendência, que se origina no contexto internacional, estende-se ao SNIB que, em face das condições precárias de infra-estrutura, formação de recursos humanos, recursos financeiros e a penúria de universidades e institutos de pesquisa, tende à desarticulação e extinção. Por este contexto, o cenário é denominado “O ser e o nada”, em que não apenas a biotecnologia, mas também o SNIB não logram avanços consideráveis e não se consolidam enquanto alternativas viáveis de crescimento e desenvolvimento econômico e social.

Indicadores de Monitoramento dos Cenários e Análise SWOT do SNIB

A identificação das incertezas críticas, assim como seus possíveis desdobramentos, é condição necessária para a elaboração de cenários prospectivos, conforme realizado ao longo desta seção. No entanto, o monitoramento destes cenários, de modo a se apreender eventuais perspectivas presume a demarcação de um conjunto de indicadores que ilustrem possíveis tendências de evolução ao longo destes cenários, ou mesmo na concertação de outros. De fato,

apenas a criação de tais indicadores constituiria elemento suficientemente amplo e complexo para a realização de uma tese distinta a esta. Desta forma, propõe-se de forma muito sucinta e tentativa um conjunto de indicadores para cada uma das incertezas ora apresentadas. Estes são expressos no Quadro 4.2.

Quadro 4.2 – Indicadores de Monitoramento de Cenários para o SNIB

	Incetezas Críticas	Indicadores de Monitoramento
Biotechnologia	Evolução, Funcionalidade e Convergência Tecnológica	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Novas linhas de pesquisa e trajetórias tecnológicas; Avanços da genômica, proteômica e metabolômica (papers, produtos, processos e patentes); ▪ Crescimento no número e aporte de capital de empresas;
	Organização da Pesquisa	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Distribuição espacial de arranjos cooperativos de pesquisa; ▪ Perfil das atividades de P&D realizadas em filiais de empresas multinacionais;
	Regulação em Biossegurança	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prevalência de princípio (regulação ou equivalência substantiva) nos fóruns de negociação multilateral; ▪ Grau de convergência/divergência de marcos regulatórios em escala nacional;
	Rotulagem e Rastreabilidade	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Percentuais de presença de OGMs nas legislações nacionais; ▪ Status destas incertezas nas legislações nacionais (Voluntário, Obrigatório);
	Direitos de Propriedade Intelectual	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prevalência de modelo (TRIPs, CDB ou híbrido) nos fóruns de negociação multilateral; ▪ Possibilidade de patenteamento de processos, protocolos e sistemáticas; ▪ Possibilidade de patenteamento de OGMs; ▪ Evolução de arranjos nacionais e internacionais de cooperação e inovação;
	Padrão de Consumo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Evolução da demanda por produtos da biotecnologia no campo da saúde; ▪ Evolução da demanda por agrobiotecnologias;
Ambiente Político-Econômico-Institucional	Conjuntura Macroeconômica	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Taxas de crescimento da economia mundial e PIB brasileiro;
	Quadro Político Interno	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Índice de aprovação da população ao governo e presidente da República; ▪ Número de Medidas Provisórias;
	Perfil das Políticas de C&T	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Manutenção de diretrizes políticas em períodos de transição administrativa; ▪ Grau de utilização de ferramentas prospectivas;
	Investimento em C&T	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Evolução do dispêndio em C&T em relação ao PIB; ▪ Evolução do volume de P&D despendido por empresas; ▪ Volume de capital disponível para empréstimos e em mercados de capitais; ▪ Volume de recursos adotados em processos de uso do poder de compra do Estado;
Sistema Nacional de Inovação em Biotechnologia	Marco Regulatório em Biossegurança	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tempo médio de análise de solicitações de estudos e pesquisas; ▪ Frequência de contestação de órgãos diversos às deliberações da CTNBio; ▪ Tempo de apreciação de recursos por parte do CNBS;
	Sistemas de Rastreabilidade	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Existência e abrangência deste sistema;
	Sistema de Proteção e Gestão da Propriedade Intelectual	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prazo para concessão de registros; ▪ Evolução dos arranjos cooperativos;
	Acesso a Recursos Genéticos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Taxa de devastação florestal; ▪ Prazo para obtenção de autorização para estudos; ▪ Evolução de programas de bioprospecção envolvendo representantes nativos; ▪ Evolução de atuações de práticas de biopirataria;
	Infra-Estrutura	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Volume de investimentos na aquisição de equipamentos; ▪ Distribuição geográfica de equipamentos; ▪ Estoque de insumos e reagentes disponível em cada laboratório; ▪ Grau de nacionalização de produção de equipamentos e demais insumos; ▪ Tempo médio e tarifas de importação de ativos dedicados; ▪ Frequência de deslocamento de pesquisadores;
	Recursos Humanos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Número de alunos na pós-graduação; ▪ Distribuição geográfica de profissionais e técnicos; ▪ Número de treinamentos realizados no exterior; ▪ Número de profissionais brasileiros radicados no exterior;
	Atuação das Empresas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Volume de recursos investidos em P&D; ▪ Número de pesquisadores envolvidos em atividades de P&D; ▪ Número de produtos licenciados; ▪ Solicitação de registros de patentes; ▪ Frequência de inserção em arranjos cooperativos de pesquisa;

A partir da análise dos cenários supramencionados e de indicadores para seu monitoramento é possível identificar, em consonância à análise SWOT, as principais forças, fraquezas, oportunidades e ameaças ao sistema nacional de inovação em biotecnologia brasileiro. Estas variáveis são apontadas pela Figura 4.4.

<p style="text-align: center;">Forças</p> <p>Sistema compreensivo e abrangente de formação de recursos humanos;</p> <p>Participação crescente na produção de artigos científicos e <i>papers</i> em escala global;</p> <p>Avanço do conhecimento científico em áreas fronteiriças, com destaque para a genômica e proteômica;</p> <p>Patrimônio ambiental e coleções de germoplasma animal, vegetal e de microorganismos;</p>	<p style="text-align: center;">Fraquezas</p> <p>Descontinuidade de ações e políticas públicas;</p> <p>Escassez e inconsistência de investimento público e privado;</p> <p>Elevada vulnerabilidade dos ambientes econômico e institucional;</p> <p>Sistemas precários de regulação de biossegurança, de propriedade intelectual e de acesso aos recursos genéticos;</p> <p>Formação carente de recursos humanos em segmentos altamente especializados;</p> <p>Desarticulação e falta de coordenação entre atores e agentes inseridos no SNIB;</p> <p>Fragilidade no processo de inovação e transferência de tecnologias;</p> <p>Fragilidade das linhas de financiamento e <i>venture capital</i>;</p> <p>Atuação modesta das empresas na absorção de profissionais, investimento e execução de atividades de P&D;</p>
<p style="text-align: center;">Oportunidades</p> <p>Estimular integração e adensamento do SNIB a partir da regulamentação das Leis 10.972/05 e 11.105/05;</p> <p>Revisão de leis de acesso a recursos genéticos e sistema de DPI;</p> <p>Conversão de avanços derivados da ciência em novos produtos e processos biotecnológicos;</p> <p>Gradual superação da dependência externa por equipamentos, insumos e condições de infra-estrutura;</p> <p>Continuidade de programas cooperativos de pesquisa junto a países situados na fronteira tecnológica do desenvolvimento biotecnológico;</p>	<p style="text-align: center;">Ameaças</p> <p>Forte dependência externa de máquinas, equipamentos, insumos básicos e demais condições de infra-estrutura;</p> <p>Dependência de pacotes tecnológicos de empresas multinacionais;</p> <p>Limitado empreendedorismo de empresas nacionais compromete aproveitamento econômico de avanços no campo científico;</p> <p>Inépcia e morosidade do marco regulatório em biossegurança e DPI desmotiva ação de pesquisadores e investidores;</p> <p>Frágil monitoramento sobre ações de biopirataria e bioprospecção;</p> <p>Baixo grau de conscientização popular quanto a ações e produtos da biotecnologia;</p> <p>Superação por outras economias e atores emergentes na biotecnologia;</p>

Figura 4.4 – Análise SWOT do Sistema Nacional de Inovação em Biotecnologia no Brasil

Conforme expresso na Figura 4.4, as principais forças que compreendem o sistema nacional de inovação em biotecnologia se referem a um aparato compreensivo e crescente na formação de recursos humanos qualificados em universidades e institutos de pesquisa, que se traduz em uma crescente participação na produção de teses, artigos, *papers* e outras formas de cristalização do conhecimento científico. Iniciativas recentes como o Programa Genoma da Fapesp e o Programa Genoma Brasileiro permitiram a criação e expansão de competências e o avanço do conhecimento em áreas fronteiriças da biotecnologia, sobretudo aquelas vinculadas ao sequenciamento, genômica e proteômica. Ao mesmo tempo, destaca-se consolidação da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, do maior banco mundial de germoplasma animal, vegetal e de microorganismos tropicais, bem como importantes coleções em outras regiões do país, como a

de variedades cítricas existente no Centro APTA Citros Sylvio Moreira, localizado no Estado de São Paulo.

Dentre as fraquezas mais evidentes deste sistema, soergue-se o caráter esparso e descontínuo de ações e políticas públicas, as dificuldades de investimento público e privado e a fragilidade das linhas de financiamento, capital de risco e *venture capital*. A isto se associa uma forte vulnerabilidade dos ambientes econômico e institucional.

Os entraves no ambiente institucional podem ser ilustrados pela precariedade de sistemas de regulação da biossegurança, que implicam elevada morosidade e controvérsia, bem como no sistema de propriedade intelectual e na regulamentação do acesso aos recursos genéticos.

No que diz respeito às condições mais estruturais, emerge a lacuna na formação de recursos humanos qualificados em segmentos altamente especializados da dinâmica biotecnológica, com destaque para sequenciamento genético, bioinformática e engenharia de bioprocessos.

A modesta atuação das empresas no tocante à absorção de recursos humanos, mas também no fomento e execução de atividades de C&T, bem como os entraves verificados no processo inovativo e na transferência e licenciamento de tecnologias, juntamente ao contexto supramencionado, contribui para a desarticulação e baixa coordenação entre os atores e agentes circunscritos ao SNIB.

As oportunidades mais explícitas ao desenvolvimento deste sistema se ligam à possibilidade de maior integração e adensamento a partir de iniciativas como a regulamentação da Lei de Inovação (Lei nº 10.972/05) e da Lei de Biossegurança. A simplificação das condições para pesquisas e o estímulo à formação de arranjos e estímulo à integração entre universidades, institutos e empresas pode implicar maior coordenação e suporte para investimentos e estudos, contribuindo para um melhor aproveitamento econômico dos avanços ora verificados no campo científico da biotecnologia. Tal conjuntura seria facilitada se vinculada a uma revisão nos marcos regulatórios de acesso aos recursos genéticos e sistema de proteção à propriedade intelectual.

O país deveria dar continuidade aos inúmeros programas e projetos cooperativos de pesquisa envolvendo a participação de países e centros de pesquisa provenientes de países mais

industrializados e adjacentes à fronteira do conhecimento da biotecnologia, a exemplo do convênio realizado entre a rede ONSA e o USDA no sequenciamento de uma variável da *Xyllela fastidiosa* que tem causado danos aos vinhedos da Califórnia; da participação brasileira nos consórcios internacionais de sequenciamento bovino, do arroz e da banana e, mais recentemente, do acordo realizado entre a Fapesp e o Instituto Pasteur, na França, pelo qual um grupo de pesquisadores brasileiro agregar-se-á a uma rede internacional para o sequenciamento do genoma do mosquito *Aedes aegypti*, vetor de moléstias como a dengue e a febre amarela.

Por seu turno, há um conjunto de ameaças que podem ser apontadas como entraves ao desenvolvimento do SNIB. Em primeiro lugar, nota-se forte dependência externa de máquinas, equipamentos, reagentes e demais ativos ligados à infra-estrutura. Isto pode ser tornar perigoso em termos competitivos, dada a dependência de pacotes tecnológicos de empresa multinacionais, e também em períodos de grande oscilação e depreciação cambial.

De forma análoga, o baixo empreendedorismo – parcialmente derivado de condições estruturais vinculadas ao ambiente econômico e institucional – das empresas do país compromete o maior aproveitamento dos avanços obtidos na esfera científica. A fragilidade de sistemas de propriedade intelectual prejudica não apenas a gestão da propriedade intelectual, como a formação de arranjos cooperativos de pesquisa e produção.

Ao mesmo tempo, os entraves existentes na lei de acesso aos recursos genéticos, o *gap* decorrente da não-regulamentação da lei de biossegurança e a incerteza acerca de sua capacidade em prover condições mais ágeis e claras para a autorização de pesquisas pode afugentar não apenas empresas e investidores, mas também pesquisadores altamente qualificados, que podem optar pelo estabelecimento em países/regiões que ofereçam condições mais vantajosas de trabalho e remuneração, ocasionando um *brain drain*.

Juntamente à esfera legal, o baixo grau de conscientização popular quanto a ações, produtos e riscos da biotecnologia dificultam seu apoio e legitimação popular. Os debates sobre o tema costumam se concentrar em eventuais riscos e questões mais delicadas, tais como as variedades geneticamente modificados e as pesquisas envolvendo células-tronco embrionárias. A aceitação popular torna-se ainda mais hipotética quando se depara com a incerteza acerca de

riscos sociais, econômicos e ambientais destas biotecnologias, ainda não completamente cognoscíveis.

Em meio a tudo isto, um risco potencial diz respeito à possibilidade de o país ser suplantado por outras economias e atores emergentes na biotecnologia, que tem apresentado acelerado crescimento nas últimas décadas, caso da Coreia, Índia, China, Malásia, Cingapura, dentre outros, em função de um ambiente institucional mais equilibrado, políticas mais incisivas e agressivas e melhores condições de investimento. A conformação desta tese necessariamente tornaria o Brasil um país menos interessante para o investimento e inserção em arranjos internacionais de pesquisa e cooperação, relegando o país a uma condição privilegiada em termos latino-americanos, mas secundária e pouco expressiva no contexto internacional.

Conclusões

O presente trabalho versou sobre o conceito de sistemas de inovação e a aplicação desta abordagem ao contexto brasileiro. Com vistas a prover uma apreciação mais acurada, optou-se pela apreciação do sistema nacional de inovação em biotecnologia. A análise foi complementada pela utilização de ferramentas de prospecção tecnológica, com destaque para a técnica de cenários, elaborada para auxiliar a avaliação, monitoramento e tomada de decisão acerca de políticas e ações para seu fortalecimento.

No que diz respeito às categorias analíticas adotadas para o estudo de sistema de inovação, verificam-se no Brasil lacunas vinculadas ao padrão de financiamento, marcos regulatórios, políticas públicas e ação das empresas. Em relação ao primeiro aspecto, o financiamento à C&T se mostra debilitado e aquém de percentuais praticados em países industrializados ou em rápido grau de desenvolvimento. Com efeito, o dispêndio público, descontados gastos com educação superior, não alcança 0,4% do produto interno bruto, percentual que se aproxima de 3% em países como Japão, Estados Unidos, Coréia do Sul e Alemanha.

Juntamente à escassez de recursos, nota-se forte instabilidade e volatilidade dos mesmos, fruto das vicissitudes macroeconômicas, que se traduz em políticas esparsas e descontínuas. Os Fundos Setoriais se propuseram a constituir um ponto de inflexão nesta trajetória, na medida em que coadunou fontes de recursos alternativas ao OGU. No entanto, a utilização destes como reserva de contingência prejudicam a continuidade e efetividade de suas ações.

As instituições públicas de pesquisa e ensino guardam papel estrutural na conformação do SNI, contribuindo na formação de recursos humanos especializados, capitaneando pesquisas que não poderiam ser executadas pelo setor privado, dados os elevados custos e riscos e também na absorção de profissionais. Um conjunto de ações e incentivos públicos têm permitido, ainda que de forma descontínua e gradual, maior aproximação entre estas e o setor produtor de bens e serviços, contribuindo na concertação de um sistema mais articulado e eficiente.

No que diz respeito às empresas, estas se notabilizam, em grande parte, por um comportamento mais conservador e pouco afeito a riscos. Isto se relaciona à conformação histórica do sistema de C&T e do SNI. O modelo nacional desenvolvimentista era pouco

estimulante a uma conduta mais agressiva e pró-ativa, na medida em que se optava pela aquisição de pacotes tecnológicos desenvolvidos em países centrais, muitos deles próximos à obsolescência. Desta forma, a ação das empresas nacionais se concentrava sobretudo em ações incrementais e adaptações das tecnologias transferidas.

Às condicionantes históricas devem ser adicionadas condições pouco propícias no ambiente institucional, tais como marcos regulatórios morosos e imprecisos, dificuldade de acesso a recursos financeiros e capital de risco, sistema de propriedade intelectual pouco efetivo, carências em infra-estrutura e descontinuidade nas ações políticas. A somatória deste contexto se reflete em baixos níveis de absorção, investimento e execução de atividades empresariais de P&D que, implicando dependência tecnológica das empresas e estratégias competitivas centradas na aquisição de máquinas, equipamentos e licenciamento de tecnologias desenvolvidas nos países centrais.

Os problemas e entraves observados no SNIB reproduzem as deficiências e gargalos verificados no SNI, e se reportam a padrões de financiamento, perfil das políticas públicas, ambiente regulatório e institucional e ação das empresas. Os recursos públicos voltados à sua expansão derivam sobremaneira do OGU, estimados em cerca de R\$ 150 milhões no período de 2004 a 2007 que, somados a R\$ 60 milhões provenientes do Fundo Setorial de Biotecnologia, perfazem um montante da ordem de R\$ 210 milhões no referido quadriênio. O investimento privado, tal como no SNI, é constrangido por fatores institucionais, históricos e pela própria dinâmica de incerteza da biotecnologia. As tentativas de mitigação deste fenômeno comportam a conformação de um mercado de capital de risco, *venture* e *equity* para a C&T, a dinamização de programas de fomento, como aqueles mantidos pelo BNDES em ações como o Inovar (MCT/Finep) e inversões provenientes de grandes conglomerados privados, como o núcleo *Votorantim Novos Negócios* e suas aplicações na *Alellyx Applied Genomics*, *Scylla* e *Canavialis*.

Em relação às políticas de suporte ao desenvolvimento, notabiliza-se um caráter igualmente incontinuo de ações, motivado sobretudo por mudanças administrativas, *policymakers* e pelo baixo estoque de recursos disponíveis para investimento. Não obstante a incorporação de técnicas de prospecção tecnológica nos Fundos Setoriais, como o CT-Biotecnologia, demandam-se políticas mais seletivas, que foquem de maneira objetiva os principais gargalos e entraves que compõem este campo.

A concertação de um marco regulatório lépido, transparente e previsível é elemento crítico para a definição de um ambiente institucional apropriado ao desenvolvimento da biotecnologia. No caso brasileiro, aspectos que têm merecido destaque nos últimos anos se relacionam à biossegurança, direitos de propriedade intelectual e acesso aos recursos genéticos.

No que tange ao primeiro aspecto, constata-se que a definição de uma nova lei de biossegurança, se por um lado constitui avanço, por outro esparge dúvidas quanto à sua capacidade em eliminar incertezas e conferir agilidade ao processo decisório. A possibilidade de contestação às deliberações da CTNBio e a inexistência de prazos para a manifestação do CNBS pode representar a continuidade da morosidade e burocracia existentes antes de sua aprovação. Por fim, há inquietações quanto à viabilidade da demarcação de um único instrumento jurídico para o tratamento de questões díspares como a regulação de organismos geneticamente modificados e a terapia celular.

Juntamente à lei de biossegurança permanecem incertezas relativas à regulamentação do acesso à biodiversidade brasileira e de produtos como fármacos, produtos de diagnóstico e biomateriais. A ausência de uma legislação mais transparente, ágil e compreensiva a este respeito dificulta a execução de pesquisas, a utilização sustentável de recursos, ações de bioprospecção e o combate à biopirataria.

O sistema de propriedade intelectual evidencia uma posição ambígua, em que se busca coadunar simultaneamente dispositivos presentes no TRIPs e na Convenção de Diversidade Biológica, refletindo-se na própria legislação brasileira. Se por um lado a pesquisa em biotecnologia no Brasil vem atingindo padrão científico e competitividade internacional, fomentando a criação de uma cultura institucional para a proteção de ativos do conhecimento, por outro a riqueza de seu patrimônio genético e biodiversidade suscitam justaposição à tese de proteção e soberania de tais recursos.

Esta dualidade remete a conflitos relativos àquilo que é ou não passível de patenteamento, a quem pertence o direito à patente, o nível de detalhamento do objeto a ser patenteado e, em suma, os níveis de *enforcement*, suscitando a necessidade de conformação de fóruns bilaterais e multilaterais de negociação permanente de tais direitos, conforme evolução da base técnica do conhecimento. Ademais, a morosidade na análise e concessão do título da patente é também

motivo de risco e incerteza para o autor do invento, podendo acarretar prejuízos no processo de negociação da transferência da tecnologia.

No que diz respeito a outras condições institucionais, destacam-se no Brasil a questão da infra-estrutura, da formação em recursos humanos e da atuação empresarial. O primeiro aspecto se caracteriza pela pauperização e forte concentração de equipamentos de grande porte nas regiões Sul e Sudeste. Ao mesmo tempo, identificam-se lacunas na manutenção de ativos, escassez de materiais básicos e severos entraves burocráticos no processo de importação, ocasionando lentidão na aquisição de bens e serviços e elevação dos custos finais.

A formação de recursos humanos é um dos pontos fortes do SNIB, mas defronta-se com a iminência de superar gargalos na formação em segmentos altamente especializados e da concentração de profissionais no Sul e Sudeste, prejudicando sinergias e o aproveitamento de vocações regionais em outras regiões do país. A ampliação da oferta de cursos de mestrados profissionalizantes poderia estimular a absorção de profissionais pelas empresas, mormente em questões como assessoria jurídica e propriedade intelectual, valoração da biodiversidade e gestão administrativa e financeira e captação de recursos.

A atuação das empresas se converte em um desafio em virtude de sua ação conservadora, dado que boa parte destas optam por estratégias imitativas ou pelo licenciamento de tecnologias desenvolvidas em universidades, institutos de pesquisa e empresas multinacionais. A alteração deste panorama presume a superação de entraves institucionais e condições mais favoráveis à arregimentação de recursos, absorção de profissionais e a conformação de um ambiente institucional propício à inovação.

A identificação destas incertezas e desafios culminou na proposição de quatro cenários prospectivos, quais sejam: *Em Busca do Tempo Perdido*; *Crônica de uma Morte Anunciada*; *Germinal* e *O Ser e o Nada*, que pretenderam expor possíveis trajetórias de evolução do SNIB e contribuir na reflexão, tomada de decisão e formulação de políticas para seu fortalecimento.

O diagnóstico do sistema e os cenários permitiram a identificação das principais forças, fraquezas, ameaças e oportunidades que lhe são inerentes, em consonância à análise SWOT. Nestes termos, apontam-se como forças o aparato e formação de recursos humanos, a participação na produção de conhecimento científico – artigos, *papers*, teses e outros –, a aproximação da fronteira do conhecimento, dado o apoio no campo do sequenciamento,

genômica e proteômica e a consolidação de coleções e bancos de germoplasma a exemplo das existentes na Embrapa e no banco de germoplasma do Centro APTA Citros Sylvio Moreira.

As fraquezas podem ser subsumidas ao caráter esparso e descontínuo de ações e políticas públicas, a limitação do investimento público e privado, a existência de poucas e inadequadas linhas de financiamento à inovação, capital de risco e *venture capital*, bem como a vulnerabilidade do ambiente institucional, mormente no que diz respeito a marcos regulatórios, condições de infra-estrutura e atuação das empresas.

As oportunidades mais explícitas ao desenvolvimento deste sistema se ligam à possibilidade de maior integração e adensamento a partir de iniciativas como a regulamentação da Lei de Inovação e de Biossegurança, a simplificação das condições para pesquisas – redução de burocracia, arrefecimento da burocracia no processo de importação – e o estímulo à formação de arranjos entre universidades, institutos e empresas, concomitante à revisão nos marcos regulatórios vinculados ao acesso aos recursos genéticos e ao sistema de propriedade intelectual.

Por seu turno, as ameaças mais incisivas ao SNIB se referem à forte dependência externa de máquinas, equipamentos, reagentes e demais ativos ligados à infra-estrutura, o baixo empreendedorismo das empresas, que compromete maior aproveitamento dos avanços obtidos na esfera científica e a possível superação do país por outras economias e atores emergentes na biotecnologia, casos de Coréia, Índia, China e outros, em função de um ambiente institucional mais equilibrado, políticas mais incisivas e agressivas e melhores condições de investimento. A partir deste diagnóstico, e tentando evitar tal conjuntura, propõe-se um conjunto de políticas e ações que tem por objetivo contribuir para a evolução e robustecimento do sistema nacional de inovação em biotecnologia.

Em primeiro lugar, há que se rever as ações e políticas voltadas ao SNIB, de modo que constituam mecanismos de estímulo à inovação e ao estreitamento dos atores nele circunscritos. Os incentivos previstos na Lei de Inovação almejam regulamentar, dentre outras coisas, a dedução na apuração do lucro líquido do valor total investido em P&D no IRPJ, a possibilidade de dedução adicional destas despesas em até 80% se a empresa contratar pesquisadores e uma nova dedução de 20% em casos de registro de patente, conformando uma dedução duplicada. Prevê-se ainda a possibilidade de redução de 50% do IPI incidente sobre equipamentos,

máquinas, aparelhos e instrumentos destinados a pesquisa e desenvolvimento tecnológico, bem como a depreciação e amortização acelerada dos mesmos.

Junto a isto, devem ser criadas condições para que as políticas de suporte à biotecnologia sejam efetivas no tratamento e mitigação dos gargalos estruturais deste campo – demandando pois esforços no âmbito da prospecção – e que as mesmas sejam contínuas e perenes. De forma análoga, tendo em vista a dificuldade em se garantir um volume crescente de investimentos em decorrência de contingências macroeconômicas, dever-se-ia assegurar ao menos sua estabilidade e previsibilidade.

De modo a aproveitar a vastidão territorial e de biodiversidade no país, e ao mesmo tempo fomentar um padrão de desenvolvimento mais homogêneo e equilibrado, sustenta-se a importância de desconcentração de recursos e investimento público, favorecendo outras áreas que não apenas as regiões Sul e Sudeste. É lícito ressaltar, no entanto, que isto não pode ser feito de modo a simplesmente pulverizar recursos, o que poderia implicar uma política equivocada, na qual as demais regiões não se desenvolveriam substantivamente e o desenvolvimento observado no Sul e Sudeste enfrentaria um ciclo de retração e estagnação. Ações norteadas em fundamentos similares à atual configuração do PRONEX, em que os recursos são duplicados em virtude do compromisso dos Estados em empenhar uma contrapartida semelhante àquela descentralizada pelo Governo Federal, podem contribuir neste processo, ao mesmo tempo em que incluem a participação das FAP's, estimulam a descentralização do investimento e ensejam vocações regionais de pesquisa.

Assevera-se a importância da manutenção de programas de sequenciamento organizados sob a forma de redes, bem como a criação e fortalecimento de núcleos de excelência em pesquisa e difusão do conhecimento – tal como os Institutos do Milênio – tendo em vista as externalidades proporcionadas no compartilhamento de ativos e sinergias, economias de escala e escopo em P&D, redução de custos e duplicidade no investimento. A continuidade de tais programas também contribui para a desconcentração regional de estudos e competências.

Juntamente às propostas voltadas ao encaminhamento das políticas de CT&I para a biotecnologia, mostra-se igualmente pertinente a conformação de um ambiente institucional mais apropriado ao desenvolvimento deste sistema. Isto presume a melhoria e conservação da infraestrutura física de departamentos e núcleos de estudo em universidades e institutos de pesquisa, a

atualização da estrutura laboratorial e um conjunto de medidas que facilitem e desburocratizem a aquisição de equipamentos e reagentes (redução do tempo de tramitação e isenção tributária). De forma a minimizar a forte dependência que o Brasil enfrenta em tais ativos, seria conveniente buscar medidas que impulsionassem a formação de grupos nacionais ou *joint ventures* que produzissem internamente parte destes equipamentos e reagentes, em um processo gradual de substituição de importações.

De forma análoga, para que o setor público se torne mais efetivo em suas ações de pesquisa, é cogente a criação de programas nacionais especiais (ou encaminhamento ao exterior) de formação de competências e recursos humanos em segmentos especializados da pesquisa biotecnológica ainda carentes no Brasil, como a bioinformática, além de garantir condições satisfatórias de remuneração, a fim de evitar evasão de cérebros. Da mesma forma, seria apropriado estimular o incremento de parceiros e programas de cooperação internacional, evidenciando a atuação do Brasil no contexto internacional da biotecnologia e aproximando-se da fronteira tecnológica e das ações concertadas em economias mais prósperas e desenvolvidas.

Por seu turno, cumpre ainda adotar procedimentos de modo a proporcionar condições adequadas de biossegurança e uso da biodiversidade. Em primeiro lugar, é preciso dar continuidade à formação, complementação e manutenção de bancos de germoplasma no país, de modo a aproveitar mais ordenadamente os benefícios decorrentes do patrimônio ambiental do país. Juntamente a isto, é imprescindível uma nova regulação para uso e acesso da biodiversidade, que flexibilize as condições para pesquisa, coíba práticas perniciosas de biopirataria e resulte em ganhos às comunidades pelo conhecimento tradicional associado em novos produtos derivados da biotecnologia.

A instituição de um marco regulatório em biossegurança mais ágil é importante para estimular estudos, pesquisas, investimentos e produção de novos produtos aplicados à saúde, alimentos e agronegócio. Isto não significa o desenvolvimento a qualquer custo, em que se deixem de lado ameaças e riscos à saúde, ambiente e economia. O desafio, neste caso, consiste em encontrar uma condição de equilíbrio entre o imperativo da segurança e as perspectivas de desenvolvimento, o que implica mitigar confrontos entre *stakeholders* dotados de percepções muitas vezes inconciliáveis.

O empreendedorismo empresarial está vinculado a uma gama de fatores, tais como o avanço do conhecimento e a superação de incertezas técnicas da biotecnologia, a organização das atividades de P&D em escala global, o padrão de consumo e a aceitação social de biotecnologias, mas é possível instituir elementos que lhes proporcione condições mais favoráveis de atuação, como a disponibilização de linhas preferenciais de financiamento, a criação de mercados de capitais e demais mecanismos de intermediação financeira, a disponibilização de recursos humanos capacitados e voltados às suas reais necessidades, transparência e presteza na regulação da biossegurança e acesso aos recursos genéticos e um sistema de propriedade intelectual coordenado e efetivo não apenas na proteção patentária, mas também na conformação de arranjos cooperativos de pesquisa envolvendo outras empresas e agentes do setor público. A concertação de instrumentos como o RHAÉ, que contribuíram para a aproximação entre o setor produtor de conhecimentos e o setor produtor de bens e serviços também seria oportuna para maior comprometimento destas com a atividade inovativa.

Estas mudanças contribuiriam para aproximar o SNIB da conjuntura expressa nos cenários mais auspiciosos. Convém mencionar, no entanto, que a despeito dos benefícios advindos da utilização de cenários como ferramenta prospectiva, estes raramente se manifestam exatamente da maneira descrita, dado que a realidade guarda elementos muito mais complexos, sofisticados e contingenciais do que os elementos e variáveis neles contidos. No entanto, sabe-se que em exercícios bem conduzidos a trajetória real usualmente evolui no âmbito do conjunto de cenários traçados, agregando aspectos de um e de outro. Desta forma, o monitoramento sistemático da trajetória empírica, juntamente à observação e permanente revisão dos cenários, contribui para a redução de riscos e incertezas, conformando um sistema mais ubíquo de apoio à tomada de decisão, reduzindo conflitos de percepção a respeito do futuro, aprimorando a qualidade das ações e decisões estratégicas e, finalmente, contribuindo para que se possa ensejar um desenvolvimento mais harmônico e consistente do sistema nacional de inovação em biotecnologia. Exercícios como os feitos neste trabalho podem ser implementados de forma contínua e ampliados pelo setor público, fornecendo subsídios para a tomada de decisões quanto a linhas de investimentos e novos rumos de investigação em bases mais substantivas.

Referências Bibliográficas

- ALBAGLI, S., “Globalização e Espacialidade: O Novo Papel do Local” IN: CASSIOLATO, J. & LASTRES, H., *Globalização e Inovação Localizada: Experiência de Sistemas Locais no âmbito do Mercosul e proposição de Políticas de C&T*, Nota Técnica nº 04, Rio de Janeiro, 1998.
- ALCORTA, L. & PERES, W., “Innovation Systems and Technological Specialization in Latin America and the Caribbean”, *Research Policy*, vol. 26, 1998.
- ALEM, A , “As Novas Políticas de Competitividade na OCDE: Lições para o Brasil e a Ação do BNDES”, *Parcerias Estratégicas*, nº 8, maio de 2000.
- ALEM, A. *et alii*, *Sinopse Internacional nº 2*. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. Rio de Janeiro, Julho de 2004.
- AMABLE, B. & PETIT, P., *Innovation and Growth: A Comparative Analysis of Institutional Approaches*. Draft, CEPREMAP, 1998.
- AMOUVEL, P. *BIOforum Europe*, nº 7 (**mimeo**), Junho de 2003.
- ANDERSEN, J. “Technology Foresight for Competitive Advantage”, *Long Range Planning*, vol. 30, 1997.
- AOKI, M., *Information, Incentives and Bargaining in the Japanese Economy*. Cambridge University Press, 1998.
- ARAÚJO, J. “Produtos transgênicos na agricultura: questões técnicas, ideológicas e políticas”, *Cadernos de Ciência e Tecnologia*, Vol. 18, 2001.
- ARTUSO, A., “Risk Perceptions, Endogenous Demand and Regulation of Agricultural Biotechnology”, *Food Policy*, vol. 28, 2003.
- ASSAD, A. & AUCÉLIO, J. “Biotecnologia no Brasil – Recentes Esforços”. IN: SILVEIRA, J., DAL POZ, M. & ASSAD, A. (orgs), *Biotecnologia e Recursos Genéticos: Desafios e Oportunidades para o Brasil*. Instituto de Economia – Unicamp/Finep. Campinas, 2004.

- ASSAD, A. & HENRIQUES, J. *et alii*, “Biotechnology in Brazil: present situation and opportunities” IN: JONAS, R. *et alii*, *Biotechnological Advances and Applications in Bioconversion of Renewable Raw Materials*, GBF, Germany, 2004.
- ÁVILA, F. *et alii*, “Social and Economic Impact ex-ante Evaluation of Embrapa’s Biotechnology Research Products” IN: *Anais do 5th International Conference of the International Consortium on Agricultural Research (ICABR)*, Ravello, Itália, 2002.
- AZEVEDO, C. “A regulamentação do acesso aos recursos genéticos e aos conhecimentos tradicionais associados no Brasil”, *Biota Neotropica*, vol. 5, nº 1, Janeiro de 2005.
- BARROS DE CASTRO, A. & SOUZA, F., *A Economia Brasileira em Marcha Forçada*, Editora Paz e Terra, Rio de Janeiro, 1985.
- BATALHA, M. *et alii*, “Pós-Graduação e biotecnologia: formação e capacitação de recursos humanos no Brasil”. IN: SILVEIRA, J., DAL POZ, M. & ASSAD, A. (orgs), *Biotecnologia e Recursos Genéticos: Desafios e Oportunidades para o Brasil*. Instituto de Economia – Unicamp/Finep. Campinas, 2004.
- BELÉM, M. *et alii*., “Biossegurança de Alimentos Derivados da Biotecnologia rDNA”, *Revista Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento*, Ano 3, nº 18, 2001.
- BLAUG, S. *et alii*, “Managing Innovation: university-industry partnerships and the licensing of the Harvard mouse” *Nature Biotechnology*, volume 22, nº 6, junho de 2004.
- BONACELLI, M., *Dynamiques Concurrentielles et Particularités Nationales Dans le cas de la Biotecnologie*, Tese de Doutorado. Université de Toulouse. França, 1996.
- BONACELLI, M., ASSAD, A. & SALLES FILHO, S., “New Policy Instruments in Biotechnology in Brazil’s Federal Policy: Present and Future” IN: *Anais do 5th International Conference of the International Consortium on Agricultural Research (ICABR)*, Ravello, Itália, 2002.
- BONACELLI, M. & SALLES FILHO, S. *As especificidades no Processo de Mudança Tecnológica: uma análise aplicada ao caso da Biotecnologia* IN: Anais do Congresso da Associação Nacional dos Centros de Pós-Graduação em Economia (ANPEC). Campinas, 1996.
- BRAHIC, C., “Britain Fosters Bioincubators”, *The Scientist*, Junho de 2004.

- BRAUN, R.& MOSES, V., “A Public Policy in Biotechnology Education: What might be relevant and effective?”, *Current Opinion in Biotechnology*, vol. 15, 2004.
- BRESSER PEREIRA, L., *Reforma do Estado e Administração Pública Gerencial*. Rio de Janeiro, Fundação Getúlio Vargas, 1998.
- BRITO CRUZ, C.H., “A Universidade, a Empresa e a Pesquisa que o País precisa”, *Parcerias Estratégicas*, nº 8, maio de 2000.
- CAGNIN, C. *Fatores relevantes na implementação de um sistema de gestão ambiental com base na norma ISO 14001* Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2000.
- CALDAS, R., “A Construção de um Modelo de Arcabouço Legal para Ciência, Tecnologia e Inovação”, *Parcerias Estratégicas*, nº 11, junho de 2001.
- CALDAS, R., *et alii*, “Gestão Estratégica em CT&I”, *Parcerias Estratégicas*, nº 11, junho de 2001.
- CALVO, M. *et alii*, “The Future of Gene Therapy”, *Nature*, Vol. 427, fevereiro de 2004.
- CANUTO, O., “Competition and endogenous technological change: an evolutionary model”, *Revista Brasileira de Economia*. Vol. 49, nº 1, 1995.
- CANUTO, O. & ARCANGELI, F., “Foundations of new growth models: technology and the Schumpeterian heritage” IN: *International Workshop of Technological Learning, Innovation and Industrial Policy: National and International Experiences*. Ciudad de Mexico, 1996.
- CANUTO, O. *et alii*, “Modelos evolucionistas de crescimento endógeno: uma abordagem teórica plausível” IN: *Anais do XXVIII Encontro Nacional de Economia*. ANPEC. Campinas, 2000.
- CANTLEY, M., “How should Public Policy respond to the challenges of modern biotechnology?.”, *Current Opinion in Biotechnology*, vol. 15, 2004.
- CARLSSON, B. & JACOBSSON, S., “Diversity Creation and Technological Systems: A Technology Policy Perspective”, IN: EDQUIST, C., *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*, London, Washington Pinter, 1997.
- CARLSSON, B. *et alii*, “Innovation Systems: analytical and methodological issues, *Research Policy*, vol. 31, 2002.

- CARNEIRO DA SILVA, A. *Monitoramento Tecnológico como ferramenta de apoio ao planejamento em CT&I*. Seminário de Doutorado. Departamento de Política Científica e Tecnológica. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2004.
- CARVALHO, A., *Biotecnologia*, Ministério da Ciência e Tecnologia, Brasília, 1993.
- CARVALHO, S. *Propriedade Intelectual na Agricultura*. Tese de Doutorado. Departamento de Política Científica e Tecnológica. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2003.
- CASPER, S. & WITHLEY, R., “Managing Competences in entrepreneurial technology firms: a comparative institutional analysis of Germany, Sweden and the UK” *Research Policy*, vol. 33, 2004.
- CASSIOLATO, J. & LASTRES, M., “Sistemas de Inovação: Políticas e Perspectivas”, *Parcerias Estratégicas*, nº 8, maio de 2000.
- CASSIOLATO, J. & LASTRES, H., “Inovação, Globalização e as novas Políticas de Desenvolvimento Industrial e Tecnológico” IN: CASSIOLATO, J. & LASTRES, H., *Globalização e Inovação Localizada: Experiência de Sistemas Locais no âmbito do Mercosul e proposição de Políticas de C&T*, Nota Técnica 21, 1998.
- CASTELLS, M., “O Novo Paradigma do Desenvolvimento e suas Instituições: Conhecimento, Tecnologia da Informação e Recursos Humanos, Perspectiva Comparada com Referência à América Latina” IN: CORIAT, B. *et alii*, *Desenvolvimento em Debate - Desafios do Crescimento: Instituições, Investimento, Competitividade e Tecnologia*, BNDES, Rio de Janeiro, 2002.
- CASTELLS, M., *A Sociedade em Rede*, 3a Edição, Editora Paz e Terra, São Paulo, 2000.
- CEZAR, F. & ABRANTES, P. “Princípio da Precaução- considerações epistemológicas sobre o princípio e sua relação com o processo de análise de risco”, *Cadernos de Ciência e Tecnologia*, Vol. 20, 2003.
- CGEE, *Diretrizes Estratégicas para o Fundo Setorial de Biotecnologia*, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Brasília, 2002.
- CHANG, Y. & CHEN, M., “Comparing approaches to Systems of Innovation: The Knowledge Perspective”, *Technology in Society*, vol. 26, 2004.
- CHASEK, P. *Earth Negotiations: Analyzing Thirty years of environmental diplomacy*” The United Nations University, 2001.

- CHECK, E. “Share Slump brings Biotech Firms to Government’s Door”, *Nature*, Vol. 423, Junho de 2003.
- CLAPP, S., “EU Official Defends New traceability and labeling rules”, *Food Chemical News*, Março de 2004.
- CNI, *A Indústria e a Questão Tecnológica*, Rio de Janeiro, Confederação Nacional da Indústria, 2002.
- CNPq, *Relatório de Gestão Institucional: 2004*, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Brasília, 2005.
- CNPq, *Programa Nacional de Biotecnologia – PRONAB*. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Brasília, 1981.
- COATES, V. *et alii*, “On the Future of Technological Forecasting”, *Technological Forecasting and Social Change*. Vol. 67, 2001.
- COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, *Life Sciences and Biotechnology: A strategy for Europe*, Bruxelas, 2003.
- COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, *Towards a strategic vision of Life Sciences and Biotechnology*, Bruxelas, 2002.
- COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, *Towards a strategic vision of Life Sciences and Biotechnology: Consultation Document*, Bruxelas, 2001.
- COOKE, P., URANGA, M. & ETXEBARRIA, G., “Regional Innovation Systems: Institutional and Organizational Dimensions”, *Research Policy*, vol. 26, 1997.
- CORNELSEN, S., WAACK, R. & ASSAD, A. “Importância do Programa RHAE na Capacitação Tecnológica Industrial – O Caso VALLÉE S/A” IN: SBRAGIA, R. *et alii* (orgs.) *Anais do XVIII Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica*. São Paulo, 1994.
- COROLLEUR, C. & MANGEMATIN, V., “Turning Scientific and Technological Human Capital into economic capital: the experience of biotech start ups in France”, *Research Policy*, Vol.33, 2004
- COSTA, E. *Os Caminhos e Descaminho na Formulação das Políticas de Ciência, Tecnologia e Inovação no Brasil: uma análise pela via das controvérsias*. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília – UnB. Brasília, 2004.

- COSTA, E. *et alii*, *Programa RHAE: Experiência Inovadora de Implantação de Modelos de Gestão* IN: Anais do XXI Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica, São Paulo, novembro de 2002.
- COSTA SILVA, T., “Clonagem: O que aprendemos com Dolly?”, *Ciência e Cultura – Temas e Tendências*. Revista da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. Ano 56, nº 3, 2004.
- COURI, S., “Infra-Estrutura de serviços e equipamentos em biotecnologia no Brasil”. IN: SILVEIRA, J., DAL POZ, M. & ASSAD. A. (orgs), *Biotecnologia e Recursos Genéticos: Desafios e Oportunidades para o Brasil*. Instituto de Economia – Unicamp/Finep. Campinas, 2004.
- CRADDOCK, N. “Flies in the soup – European GM labeling legislation”, *Nature Biotechnology*, Vol. 22, nº 4, abril de 2004.
- CYRANOSKI, D., “Japan’s laws on recombinant DNA tie researcher’s hands” *Nature Medicine*, Vol. 10, junho de 2004
- DAGNINO, R. & THOMAS, H., “Elementos para una Renovación Explicativa-Normativa de las Políticas de Innovación Latinoamericanas”, *Espacios: Revista Venezolana de Gestión Tecnológica*, vol. 21, 2000.
- DAL POZ, M. & SILVEIRA, J. & FONSECA, M.,, “Direitos de propriedade intelectual em biotecnologia: um processo em construção”. IN: SILVEIRA, J., DAL POZ, M. & ASSAD. A. (orgs), *Biotecnologia e Recursos Genéticos: Desafios e Oportunidades para o Brasil*. Instituto de Economia – Unicamp/Finep. Campinas, 2004.
- DAVIES, K. *Descifrando o Genoma – A corrida para desvendar o DNA humano*. Companhia das Letras. São Paulo, 2001.
- DIAZ, V. *et alii*, “The socio-economic landscape of Biotechnology in Spain: A comparative study using the innovation system concept”. *Journal of Biotechnology*, Vol. 98, 2002.
- DOHSE, D. “Technology Policy and the Regions – the case of BioRebio contest” *Research Policy*, Vol. 29, 2000.
- DOSI, G. & CASTALDI, C., “Padrões Locais e Divergentes de Aprendizagem Tecnológica em mercados (parcialmente) globalizados” IN: FISHLOW, A. *et alii*, *Desenvolvimento em Debate – A Nova Agenda Mundial: Revolução Tecnológica e Integração Global*, BNDES, Rio de Janeiro, 2002.

- DRAIBE, S., *Rumos e Metamorfoses*, Editora Paz e Terra, Rio de Janeiro, 1985.
- EDQUIST, C., “Systems of Innovation Approaches – Their Emergence and Characteristics” IN: EDQUIST, C., *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*, London, Washington Pinter, 1997.
- EDQUIST, C. & JOHNSON, B., “Institutions and Organizations in Systems of Innovation”, IN: EDQUIST, C., *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*, London, Washington Pinter, 1997.
- ERBER, F. & AMARAL, L., “Os Centros de Pesquisa das Empresas Estatais: Um Estudo de Três Casos” IN: SCHWARTZMAN, S., *Ciência e Tecnologia no Brasil: Política Industrial, Mercado de Trabalho e Instituições de Apoio*, Volume 2, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 1995.
- ERNEST & YOUNG, *Beyond Borders: A Global Perspective*, 2004.
- ETZKOWITZ, H , “The Norms of Entrepreneurial Science: Cognitive Effects of the new University – Industry linkages”, *Research Policy*, vol. 27, 1998.
- ETZKOWITZ, H. & BRISOLLA, S., “Failure and Success: The fate of Industrial Policy in Latin America and South East Asia”, *Research Policy*, vol. 28, 1999.
- ETZKOWITZ, H. & LEYDESDORFF, L., “The Dynamics of Innovation: from National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of University – Industry – Government Relations”, *Research Policy*, vol. 29, 2000.
- ETZKOWITZ, H. *et alii*, “The Future of the University and the University of the Future: Evolution of the Ivory Tower to Entrepreneurial Paradigm”, *Research Policy*, vol. 29, 2000.
- EUROBAROMETER, *Europeans and Biotechnology in 2002*. Eurobarometer 58.0. Bruxelas, 2003.
- FAPESP, *Indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação*. São Paulo, 2005.
- FAHEY, L. & RANDALL, R., “What is Scenario Learning?” IN: FAHEY, L. & RANDALL, R. (editors), *Learning from the Future: Competitive Foresight Scenarios*, John Wiley & Sons Inc., New York, 1998.
- FELLONI, F., *et alii*, “Trade Policy, Biotechnology and grain self-sufficiency in China” *Agricultural Economics*, Vol. 28, 2003.

- FERRARI, A., “O Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FNDCT e a Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP”, *Revista Brasileira de Inovação*, vol. 1, Ano 1, 2002.
- FERREIRA, C., *Tendências de Reorganização da Pesquisa: Um Estudo a partir de Experiências Internacionais*, Dissertação de Mestrado, Departamento de Política Científica e Tecnológica- Unicamp, Campinas, 2001.
- FERRER, M, *et alii*, “The scientific muscle of Brazil’s Health Biotechnology”, *Nature Biotechnology*, vol. 22, Dezembro de 2004.
- FONSECA, M.G.. “Evolutionary Economics, Complexity and Institutions”. IN: *Anais do Segundo Seminário Brasileiro da Nova Economia Institucional*, Campinas, Março de 2001.
- FONSECA, M.G., *Concorrência e Progresso Técnico na Indústria de Máquinas para a Agricultura: um estudo sobre Trajetórias Tecnológicas*. Tese de Doutorado, Instituto de Economia/Unicamp, Campinas, 1990.
- FONSECA, M.G., ÁVILA, F. & SALLES FILHO, S. *Padrões de Financiamento à Indústria de Base Biotecnológica: um estudo comparativo para a definição de políticas instrumentos de apoio ao Brasil*. Rio de Janeiro, 2004.
- FONSECA, M., DAL POZ, M. & SILVEIRA, J., “Biotecnologia vegetal e produtos afins: semente, mudas e inoculantes”. IN: SILVEIRA, J., DAL POZ, M. & ASSAD. A. (orgs), *Biotecnologia e Recursos Genéticos: Desafios e Oportunidades para o Brasil*. Instituto de Economia – Unicamp/Finep. Campinas, 2004.
- FONSECA, M.G., SILVEIRA, J.. & SALLES FILHO, S. “Brazilian Recent Biotechnology Development: Challenges and Opportunities for the consolidation of its knowledge building blocks” IN: *Proceedings of 4TH International Conference Technology: Policy and Innovation*, 1999.
- FOSS, G. & ROGNE, S., “Gene Medication of Genetic Modification? The Devil is in the details” *Nature Biotechnology*, vol. 21, number 11, novembro de 2003.
- FREEMAN, C., “Continental, National and Sub-National Innovation Systems- Complementarity and Economic Growth”, *Research Policy*, nº 31, 2002.
- FREEMAN, C., *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*, London, Frances Pinter, 1987.

- FREEMAN, C. & PEREZ, C., “Structural Crises of Adjustment, Business Cycles and Investment Behavior”. IN: DOSI, G. *et alii* (orgs) *Technical Change and Economic Theory*, London: Pinter Publishers, 1988.
- FUNDAÇÃO BIOMINAS, *Parque Nacional de Empresas de Biotecnologia*. Belo Horizonte, 2001.
- FURMAN, J. *et alii*, “The determinants of National Innovative Capacity”, *Research Policy*, nº 31, 2001.
- GADELHA, C. “Cadeia: Complexo da Saúde – Nota Técnica Final” IN: *Estudo de Competitividade por Cadeias Integradas no Brasil: Impactos das Zonas de Livre Comércio*. Campinas, 2002.
- GALVÃO, A., *Política de Desenvolvimento Regional e Inovação: Lições para o Brasil da Experiência Européia*, Tese de Doutorado, Instituto de Economia - Unicamp, Campinas, 2003.
- GARRAFA, V., “Biotecnologia, Ética e controle social”. IN: *Cadernos de Ciência e Tecnologia*. vol. 17, nº 2. Brasília, 2000.
- GAVIGAN, J. & SCAPOLLO, F., “Matching methods to the mission: a comparison of national foresight exercises”, *The Journal of Future Studies, Strategic Thinking and Policy*, vol.1, nº 6, 1999.
- GIDINS, G. *et alii*, “Transgenic plants as factories for biopharmaceuticals”, *Nature Biotechnology*, Vol. 18, novembro de 2000.
- GIESECKE, S., “The contrasting roles of government in the development of biotechnology industry in the US and Germany”, *Research Policy*, Vol. 29, 2000.
- GODET, M. *A Caixa de Ferramentas da Prospectiva Estratégica*, Centro de Estudos de Prospectiva e Estratégia (CEPES). Lisboa, 2000.
- GODET, M. *From Anticipation to Action – A Handbook of Strategic Prospective*. France: UNESCO Publishing, 1993.
- GODET, M. *et alii*, “Scenarios and Strategies – a Toolbox for Scenario Planning”. *Cahiers du LIPSOR*, France, 2002.
- GUERRANTE, R. *et alii*, “Transgênicos: a difícil relação entre a ciência, a sociedade e o mercado” IN: VALLE, S. & TELLES, J. (orgs), *Bioética e Biorrisco: Abordagem Transdisciplinar*. Rio de Janeiro. Interciência, 2003.

- GUIMARÃES, F., “A Política de Incentivo à Inovação: Inovação, Desenvolvimento Econômico e Política Tecnológica”, *Parcerias Estratégicas*, nº. 9, outubro de 2000.
- GUIMARÃES, R., “FNDCT: Uma Nova Missão” IN: SCHWARTZMAN, S., *Ciência e Tecnologia no Brasil: Política Industrial, Mercado de Trabalho e Instituições de Apoio*, Volume 2, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 1995.
- HALL, B. & REENEN, J., “How Effective are Fiscal Incentives for R&D? A Review of the Evidence”, *Research Policy*, vol. 29, 2000.
- HALL, J. & MARTIN, M., “Disruptive technologies, stakeholders and the innovation value-added chain: a framework for evaluating radical technology development”, *R&D Management*, vol. 35, nº 3, 2005.
- HALL, J. & VREDENBURG, H., “The challenges of innovating for sustainable development”, *MIT Sloan Management Review*, Fall 2003.
- HARVEY, M. & McMEEKIN, A., *Brazilian Genomics and Bioinformatics: instituting innovation process in a global context*. Center for Research in Innovation and Competition. Discussion Paper nº 61, 2003.
- HEIJDEN, K., “Articulating the Business Idea: The Key to Relevant Scenarios” IN: FAHEY, L. & RANDALL, R. (editors), *Learning from the Future: Competitive Foresight Scenarios*, John Wiley & Sons Inc., New York, 1998.
- HERRERA, A., “Los Determinantes Sociales de la Política Científica em América Latina: Política Científica Explícita y Política Científica Implícita”, *Redes – Revista de Estudos Sociais de la Ciência*, Centro de Estudos e Investigaciones, Universidad Nacional de Quilmes, Año II, nº 5, 1995.
- HOWELLS, J. & WOOD, M., *The Globalisation of Production and Technology*. London/New York, Belhaven Press, 1993.
- HÖYSSA, M. *et alii*, “The co-evolution of social and physical infrastructure for biotechnology innovation in Turku, Finland” *Research Policy*, Vol. 33, 2004.
- HSU, Y. *et alii*, “Policy tools on the formation of new biotechnology firms in Taiwan” *Technovation*, Vol. 23, 2003.
- HUTTNER, S. *et alii*, “US Agricultural Biotechnology: Status and prospects” *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 50, 1995

- IFPRI, *To reach the poor – results from the ISNAR-IFPRI next harvest study on genetically modified crops – public research and policy implications*. International Food Policy Research Institute (IFPRI). Environmental and Production Technology Division (EPTD). EPTD Paper nº 116. Washington, 2004.
- JAMES, C., *Situação Global dos Lavouras Geneticamente Modificadas (GM) em 2003*, Serviço Internacional para a Aquisição de Aplicações em Agrobiotecnologia – ISAAA, 2005.
- JAYARAMAN, K., “Biotech boom”, *Nature*, vol. 436, julho de 2005.
- JOUNNEAU, A., “Marketing Biotechnology with a Gallic Flair” *Nature Biotechnology*, Vol. 21, Julho de 2003.
- JUDICE, V., “Biotecnologia e bioindústria no Brasil: evolução e modelos empresariais”. IN: SILVEIRA, J., DAL POZ, M. & ASSAD, A. (orgs), *Biotecnologia e Recursos Genéticos: Desafios e Oportunidades para o Brasil*. Instituto de Economia – Unicamp/Finep. Campinas, 2004.
- KAISER, R. & PRANGE, H., “The reconfiguration of National Innovation Systems – the example of German Biotechnology”, *Research Policy*, vol. 33, 2004.
- KAUKO, K., “Effectiveness of R&D Subsidies: a Sceptical note on the Empirical Literature”, *Research Policy*, vol. 25, 1996.
- KUHN, T., *A Estrutura das Revoluções Científicas*, Editora Perspectiva, 7ª Edição, São Paulo, 2003.
- KÜTT *et alii*, “The role of the European Commission in fostering innovation in the life sciences and biotechnology”, *Journal of Commercial Biotechnology*, Vol. 10, nº 1, Setembro de 2003.
- LACERDA, A. *Globalização e Investimento Estrangeiro no Brasil*. Editora Saraiva. São Paulo, 2004.
- LALL, S., “Globalização e Desenvolvimento: Perspectivas para as Nações Emergentes” IN: FISHLOW, A. *et alii*, *Desenvolvimento em Debate – A Nova Agenda Mundial: Revolução Tecnológica e Integração Global*, BNDES, Rio de Janeiro, 2002.
- LARACH, M. *El Comercio de los productos transgênicos: el estado Del debate internacional*. CEPAL – Serie Comercio Internacional, nº 10. Chile, 2001
- LASTRES, H. & CASSIOLATO, J., “Novas Políticas na Era do Conhecimento: O foco em Arranjos Produtivos e Inovativos Locais”, *Parcerias Estratégicas*, nº 17, setembro de 2003.

- LEHRER, M. & ASAKAWA, K. “Rethinking the Public Sector: Idiosyncrasies of biotechnology commercialization as motors of national R&D reform in Germany and Japan ”, *Research Policy*, vol. 33, 2004.
- LEYDESDORFF, L, “The Triple Helix: An Evolutionary Model of Innovations”, *Research Policy*, vol. 29, 2000.
- LIBERA, A. *O Desenvolvimento da Biotecnologia e a Evolução da Produtividade do Setor Agropecuário Brasileiro no período de 1970 a 1995*, Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.
- LINSTONE, H. “From my perspective: From information age to molecular age”, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol.71, 2004.
- LINSTONE, H. & TUROFF, M. *The Delphi Method: Techniques and Applications*, University of Southern California, 2002.
- LINTON, J. & WALSH, S., “Roadmapping: from sustaining to disruptive technologies”, *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 71, 2004.
- LOPEZ, A. & LUGONES, G., “Los Sistemas Locales en el Escenario de la Globalizacion” IN: CASSIOLATO, J. & LASTRES, H., *Globalização e Inovação Localizada: Experiência de Sistemas Locais no âmbito do Mercosul e proposição de Políticas de C&T*, Nota Técnica nº 15, 1998.
- LUGONES, G. & SIERRA, P., “Lineamientos de Política para la Consolidación de los Sistemas Locales de Innovación”, IN: CASSIOLATO, J. & LASTRES, H., *Globalização e Inovação Localizada: Experiência de Sistemas Locais no âmbito do Mercosul e proposição de Políticas de C&T*, Nota Técnica nº 04, 1998.
- LUNDEVALL, B. A., “Políticas de Inovação na Economia do Aprendizado”, *Parcerias Estratégicas*, nº 10, março de 2001.
- LUNDEVALL, B., *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. London Pinter, 1992.
- LUNDEVALL, B. A., “Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation”. IN: DOSI, G. *et alii* (orgs) *Technical Change and Economic Theory*, London: Pinter Publishers, 1988.

- LUNDEVALL, B., *Product Innovation and User-Producer Interaction*. Aalborg University Press, 1985.
- LUNDEVALL, B. *et alii*, “National Systems of Production, Innovation and Competence Building”, *Research Policy*, vol. 31, 2002.
- MACHADO, P. *Direito Ambiental Brasileiro*. São Paulo. Editora Malheiros, 2000.
- MALASKA, P. “Knowledge and information in futurology”, *The Journal of Future Studies, Strategic Thinking and Policy*, vol.2, nº 2, 2000.
- MALERBA, F., “Sectoral Systems of Innovation and Production”, *Research Policy*, nº 31, 2002.
- MALERBA, F. & BRESCHI, S., “Sectoral Innovation Systems: Technological Regimes, Schumpeterian Dynamics and Spatial Boundaries”, IN: EDQUIST, C., *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*, London, Washington Pinter, 1997.
- MALERBA, F., ORSENIGO, L. & PERETTO, P., “Persistence of Innovative Activities, Sectoral Patterns of Innovation and International Technological Specialization”, *International Journal of Industrial Organization*, vol. 15, 1997.
- MANGEMATIN, V. *et alii.*, “Development of SMEs and heterogeneity of trajectories; the case of biotechnology in France”, *Research Policy*, vol. 32, 2003.
- MANI, S., “Institutional Support for investment in domestic technologies: An analysis of the role of government in India”, *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 71, 2004.
- MANTEGA, G., *A Economia Política Brasileira*, Editora Vozes, 8ª Edição, Petrópolis, 1991.
- MARCIAL, E. *Aplicação de Metodologia de Cenários no Banco do Brasil no contexto da inteligência competitiva*, Dissertação de Mestrado. Faculté des Sciences et Techniques de Saint Jérôme. Université de Droit et des Sciences D’Aix – Marseille, França, 1999.
- MARSH, D., “Does New Zealand have a innovation system for biotechnology?”, *Technovation*, vol. 23, 2003.
- MARSH, B., “Using Scenarios to Identify, Analyze and Manage Uncertainty” IN: FAHEY, L. & RANDALL, R. (editors), *Learning from the Future: Competitive Foresight Scenarios*, John Wiley & Sons Inc., New York, 1998.

- MARSHALL, A., *The Economics of Industry*, London, Themes Press, 1994.
- MARTINO, J. “A review of selected recent advances in technological forecasting”, *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 70, 2003.
- McMILLAN, G., NARIN, F. & DEEDS, D., “An analysis of the critical role of public science in innovation: the case of biotechnology”, *Research Policy*, vol. 29, 2000.
- MCT, *Indicadores Nacionais de Ciência e Tecnologia - 2002*. Brasília. Ministério da Ciência e Tecnologia, 2004.
- MCT, *Ações da Nova Política de Ciência, Tecnologia e Inovação no Brasil*, Brasília. Ministério da Ciência e Tecnologia, 2003.
- MCT, *O Plano Plurianual do MCT 2004-2007*, Brasília. Ministério da Ciência e Tecnologia, 2003b.
- MCT, *Programa de Biotecnologia e Recursos Genéticos*. Secretaria de Políticas e Programas de Ciência e Tecnologia/Departamento de Programas Temáticos. Brasília. Ministério da Ciência e Tecnologia, 2002.
- MCT, *Livro Verde: Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação: Desafio para a Sociedade Brasileira*. Brasília, Ministério da Ciência e Tecnologia, 2001.
- MCT, *Programa Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – PADCT: Documento Básico*, Brasília, Ministério da Ciência e Tecnologia, 1998.
- MDIC, *Diretrizes da Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior*, Brasília. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, 2004.
- MEDEIROS, S. *Agroquímica e Biotecnologia: uma nova trajetória tecnológica da Indústria de Defensivos agrícolas na sociedade de risco*, Tese de Doutorado. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2000.
- MELLO, D.L., *Análise de Processos de Institutos Públicos de Pesquisa no Estado de São Paulo*. Tese de Doutorado, Departamento de Política Científica e Tecnológica-Unicamp, Campinas, 2000.
- MELLON, M. RISSLER, J. *Gone to Seed: Transgenic Contaminants in the Traditional Seed Supply*. Union of Concerned Scientists. Cambridge, 2004.

- MENRAD, K. & REISS, T., “The Innovation System in Agro-Food Biotechnology – Is it European?” IN: *Anais do 5th International Conference of the International Consortium on Agricultural Research (ICABR)*, Ravello, Itália, 2002.
- METCALFE, I., “The Economic Foundations of Technology Policy: Equilibrium and Evolutionary Perspectives” IN: STONEMAN, P. (org.), *Handbook of Economics of Innovation and Technological Change*, Blackwell, Oxford, 1995.
- MIGLINO, M.A. *et alii*, “Placentação em bovinos clonados: Arquitetura microvascular e estrutura”, *Acta Scientiae Veterinária*. Suplemento 31, 2003.
- MILES, I. *et alii*, *Handbook of Knowledge Society Foresight*, PREST & FFRC, 2002.
- MILLSTONE, E. *et alii*, “Beyond Substantial Equivalence”, *Nature*, Vo.. 401, outubro de 1999.
- MITALIPOVA, M. *et alii*, “Human embryonic stem cells lines derived from discarded embryos” *Stem Cells*, vol. 21, 2003.
- MOREL, R. *Ciência e Estado – A Política Científica no Brasil*, Série Estudos Brasileiros – Volume 4. T.A Queiroz Editor, São Paulo, 1979.
- MOTOYAMA, S. *Cinquenta Anos do CNPq Contados pelos seus Presidentes*, São Paulo, Fapesp, 2002.
- MOWERY, D., “The Changing Structure of the US National Innovation System: Implications for International Conflict and Cooperation in R&D Policy”, *Research Policy*, vol. 27, 1998.
- MUNIZ, J., “Pesquisando para uma sociedade faminta: até quando?”, *Cadernos de Ciência e Tecnologia*, vol. 18, 2001.
- NAKAZAWA, Y., *Genome Soyaku to Kongo no Iyakuhin Gyakai*. Tokyo Mitsubishi Securities, 2000.
- NASCIMENTO, J. “O presente e o futuro da agricultura de base transgênica”, *Cadernos de Ciência e Tecnologia*, Vol. 18, 2001.
- NAYLOR, R. *et alii*. “Biotechnology in the Developing World: a case for increased investments in orphan crops”, *Food Policy*, Vol. 29, 2004.
- NELSON, R. “The coevolution on of technologies and institutions” IN: ENGLAND, R.W. (ed.) *Evolutionary concepts in contemporary economics*, Ann Arbor: University of Michigan, 1994.

- NELSON, R. & NELSON, K., “Technology, Institutions and Innovation Systems, *Research Policy*, vol. 31, 2002.
- NELSON, R., *et alii*, *National Innovation Systems : a Comparative Analysis*, New York, Oxford University Press, 1993.
- NIOSI, J., “Alliances are not enough explaining rapid growth in biotechnology firms”, *Research Policy*, vol. 32, 2003.
- NIOSI, J., “National Systems of Innovations are “x-efficient” (and x-effective). Why some are slow learners?”, *Research Policy*, vol. 31, 2002.
- NIOSI *et alii*, “National Systems of Innovations: In search of a Workable Concept”, *Technology in Society*, vol. 15, 1993.
- NODARI, R. & GUERRA, M. “Avaliação de riscos ambientais de plantas transgênicas”, *Cadernos de Ciência e Tecnologia*, Vol. 18, 2001.
- NORTH, D. *Institutions, institutional change and economic performance*. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- NORTH, D. & WALLIS, R., “Integrating Institutional Change and Technical Change in Economic History – A Transaction Cost Approach”, *Journal of Institutional and Theoretical Economics*, vol. 4, nº 150, 1994.
- ODA, L. & SOARES, B., “Public acceptance: a challenge for strengthening of biotechnology R&D in Brazil” *AgBiotechNet*, Vol. 3, maio de 2001.
- ODA, L. & SOARES, B., “Genetically modified foods: economic aspects and public acceptance in Brazil” *TIBTECH*, Vol. 18, maio de 2000.
- PAALBERG, R. “The real threat to GM crops in poor countries: consumer and policy resistance to GM crops in rich crops ” *Food Policy*, Vol. 27, 2002.
- PACHECO, C., *As Reformas da Política Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação no Brasil (1999 – 2002)*, Comissão Econômica para a América Latina e Caribe – CEPAL. Campinas, novembro de 2003.
- PANDEY, A. *et alii*, “Biotechnology in Índia” IN: JONAS, R. *et alii*, *Biotechnological Advances and Applications in Bioconversion of Renewable Raw Materials*, GBF, Germany, 2004.

- PARAYIL, G. “Mapping Technological trajectories of the green revolution and the gene revolution: from modernization to globalization” *Research Policy*, Vol. 32, 2003.
- PATERNIANI, E. “Das Plantas Silvestres às Transgênicas”, *Cadernos de Ciência e Tecnologia*, Vol. 18, 2001.
- PENALVA DA SILVA, F. *Biossegurança e Transgênicos no Direito Ambiental*. Editora Paralelo 15. Brasília, 2001.
- PEREIRA, N. *et alii*, *Fundos Setoriais: avaliação das estratégias de implementação e gestão*. IPEA. Brasília, 2005.
- PERSLEY, G., PEACOCK, J. & MONTAGU, M. *Biotechnology and Sustainable Agriculture*, International Council for Science (ICSU), 2002.
- PESSANHA, L. & WILKINSON, J. “Transgênicos provocam novo quadro regulatório e novas formas de coordenação do sistema agroalimentar”, *Cadernos de Ciência e Tecnologia*, Vol. 20, 2003.
- PEW, *Issues in the regulation of genetically engineered plants and animals*, PEW Initiative on Food and Biotechnology. Washington, 2004.
- PINTEC, *Pesquisa Industrial sobre Inovação Tecnológica*, IBGE – MCT – FINEP. Rio de Janeiro, 2000.
- PISANO, G. “The governance of innovation: Vertical Integration and Collaborative arrangements in the biotechnology Industry” *Research Policy*, Vol. 20, 1991.
- PORTER, M., *Competição: Estratégias Competitivas Essenciais*, Rio de Janeiro, Editora Campus, 9ª Edição, 1999.
- PORTER, A. *et alii*, “Technology Futures Analysis: toward integration of the field and new methods”, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 71, 2004.
- PORTER, A. *et alii*, *Forecasting and Management of Technology*, New York: J. Wiley, 1991.
- PORTO, C. & ARROIO, A. *A Estratégia face à Incerteza: Desafios e Alternativas*. Macroplan – Prospectiva e Estratégia. Rio de Janeiro, 2002.
- PORTO, C., VENTURA, R. & MERCADANTE, M., *Brasil: Avaliação da Trajetória Real – Balanço de 2004 e do primeiro bimestre de 2005..* Macroplan – Prospectiva e Estratégia. Rio de Janeiro, 2005.

- PORTO, C. *et alii*, *Quatro Cenários para o Brasil 2005 – 2007*. Macroplan – Prospectiva e Estratégia. Rio de Janeiro, 2004.
- PRAHALAD, C. & HAMEL, G., *Competindo pelo Futuro*. Rio de Janeiro, Editora Campus, 1995.
- PRANKE, P., “A Importância de discutir o uso de células-tronco embrionárias para fins terapêuticos”, *Ciência e Cultura – Temas e Tendências*. Revista da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. Ano 56, nº 3, 2004.
- QUEIRÓS, M., *Avaliação de Planos de Governo: Os Planos Plurianuais analisados segundo a formação de egressos, no âmbito do CNPq*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – UFSC, Santa Catarina, 2001.
- RAMÓN, D. MACCABE, A. & GIL, J., “Questions linger over european GM food regulations”, *Nature Biotechnology*, Vol. 22, nº 2, fevereiro de 2004.
- RECH, E., “La Biotecnología en Brasil” IN: CARNEIRO, M. (org.) *Estrategias de Biotecnología Agropecuária para El Cono Sur*, PROCISUR, Montevideo, 2000.
- REICH, R., *The Work of Nations: Preparing Ourselves for 21st Century Capitalism*. London. Simon & Schuster, 1991.
- RHIND, S. *et alii*, “Human Cloning: Can it be made safe?” *Nature Reviews*, vol 4, 2003.
- RIBEIRO, J. *et alii*, *Prospectiva e Cenários: Uma Breve Introdução Metodológica*. Departamento de Prospectiva e Planeamento (DPP). Lisboa, 1997.
- RINNE, M. “Technology Roadmaps: infrastructure for innovation”, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 71, 2004.
- ROSENBERG, N. *Inside the black box: technology and economics*, Cambridge University Press, London, 1982.
- ROWE, G. “How can genetically modified foods be made publicly acceptable?”, *Trends in Biotechnology*, Vol. 22, nº 3, 2004.
- ROYAL SOCIETY, *Genetically modified plants for food use and human health – an update*. Policy Document 4/02. London, 2002.

- SAGER, B. “Scenarios on the Future of biotechnology” *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 68, 2001.
- SALLES-FILHO, S.L. “Política de Ciência e Tecnologia no II PBDCT”, *Revista Brasileira de Inovação*, Rio de Janeiro, vol.2, nº 1, 2003.
- SALLES-FILHO, S.L. “Política de Ciência e Tecnologia no I PND (1972/74) e no II PBDCT (1973/74)”, *Revista Brasileira de Inovação*, Rio de Janeiro, vol.1, nº 2, 2002.
- SALLES-FILHO, S.L. “Competitividade em Biotecnologia – Nota Técnica Setorial”. IN: *Estudo da Competitividade da Indústria Brasileira*. Campinas, 1993.
- SALLES-FILHO, S.L. BONACELLI, M. & MELLO, D. *Instrumentos de Apoio à Definição de Políticas de Biotecnologia*, Estudos em Biotecnologia – MCT/Finep. Campinas, 2001.
- SALLES-FILHO, S.L. *et alii.*, “Instrumentos de apoio à definição de políticas em biotecnologia”. IN: SILVEIRA, J., DAL POZ, M. & ASSAD. A. (orgs), *Biotecnologia e Recursos Genéticos: Desafios e Oportunidades para o Brasil*. Instituto de Economia – Unicamp/Finep. Campinas, 2004.
- SALLES-FILHO, S.L. *et alii*, *Ciência, Tecnologia e Inovação-A reorganização da Pesquisa Pública no Brasil*, Editora Komedi, Campinas, 2000.
- SÁNCHEZ, T. & PAULA, M., “Desafios Institucionais para o setor de Ciência e Tecnologia: o Sistema Nacional de Ciência e Inovação Tecnológica”, *Parcerias Estratégicas*, nº 13, dezembro de 2001.
- SANTANA, P. *Bioprospecção no Brasil: Contribuições para uma gestão ética*. Brasília, Editora Paralelo 15, 2002.
- SANTAROSA, B., *Estado, Constituição Federal, Planos Plurianuais: A Face Invisível da C&T nos Anos 90*, Dissertação de Mestrado, Centro de Desenvolvimento Sustentável – CDS. UnB, Brasília, 2001.
- SANTOS, M. *et alii*, “Prospecção de Tecnologias de Futuro: Métodos, técnicas e abordagens”, *Parcerias Estratégicas*, vol. 19, dezembro de 2004.
- SARDENBERG, R, *Política Nacional de C&T e o Programa de Biotecnologia do MCT*. Embrapa, Brasília, 2000.
- SCHEPENS, H., “European Biotechnology and the Lisbon Declaration: What it Really takes to narrow the gap”, *BIOforum Europe*, vol.5, Setembro de 2003.

- SCHWARTZ, P. & OGILVY, J., “Plotting your Scenarios” IN: FAHEY, L. & RANDALL, R. (editors), *Learning from the Future: Competitive Foresight Scenarios*, John Wiley & Sons Inc., New York, 1998.
- SCHWARTZMAN, S. *et alii*, “Ciência e Tecnologia no Brasil: uma nova política para um mundo global” IN: SCHWARTZMAN, S., *Ciência e Tecnologia no Brasil: Política Industrial, Mercado de Trabalho e Instituições de Apoio*, Volume 2, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 1995.
- SEARLE, S. *et alii*, “Commercializing biotechnology in the UK”, *Nature Biotechnology*, vol.21, Julho de 2003.
- SHAPER, M. & PARADA, S. *Organismos genéticamente modificados: su impacto socioeconómico en la agricultura de los países de la Comunidad Andina, Mercosur y Chile*. CEPAL. Serie Medio Ambiente y Desarrollo. Chile, 2001.
- SHARMA, D. “Technologies for the People: a future in the making ”, *Futures*, vol.36, 2004.
- SILVA, J. “Efeitos Ambientais de Plantas Transgênicas: Alcance e Suficiência da Regulamentação”, *Cadernos de Ciência e Tecnologia*, Vol. 20, 2003.
- SILVA, A., *A Política de Biotecnologia no contexto das Políticas Nacionais de Ciência e Tecnologia*. Dissertação de Mestrado. Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 1989.
- SILVEIRA, J. & BORGES, I., “Um panorama da biotecnologia moderna”. IN: SILVEIRA, J., DAL POZ, M. & ASSAD. A. (orgs), *Biotecnologia e Recursos Genéticos: Desafios e Oportunidades para o Brasil*. Instituto de Economia – Unicamp/Finep. Campinas, 2004.
- SILVEIRA, J., FONSECA, M.G. & DAL POZ, M., “Biotecnologia no setor de saúde humana: *bio-commodities* e as fábricas biológicas”. IN: SILVEIRA, J., DAL POZ, M. & ASSAD. A. (orgs), *Biotecnologia e Recursos Genéticos: Desafios e Oportunidades para o Brasil*. Instituto de Economia – Unicamp/Finep. Campinas, 2004.
- SILVEIRA, J. *et alii*, *Evolução Recente da Biotecnologia no Brasil*, Texto para Discussão nº 114. Instituto de Economia. Universidade Estadual de Campinas, 2004.
- SILVEIRA, J. *et alii*. *Avaliação das Potencialidades e dos Obstáculos à Comercialização dos produtos de Biotecnologias no Brasil*, Estudos em Biotecnologia – MCT/Finep. Campinas, 2001.

- SIMÕES, J., *Ações Transversais vão ficar com 35% dos recursos; projetos já aprovados, com 40%; para os setores, restam R\$ 165 milhões*. Boletim Inovação Unicamp. Edição de 03 de fevereiro de 2005.
- SOUZA, M. & ASSAD, A., *Formação de Recursos Humanos para a Pesquisa no Brasil*, Relatório Técnico CNPq. Brasília, 1987.
- SOUZA, M. *et alii*, *Centro Brasileiro Argentino de Biotecnologia – 16 anos de atuação*, Centro de Desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília, 2004.
- STORPER, M., “Regional Technology Coalitions: An Essential Dimension of National Technology Policy”, *Research Policy*, vol. 24, 1995.
- SUMIDA, S. “Recent Developments of Japan’s Bioindustry”, *Asia Pacific Biotech*, vol. 8, nº 9. 2004.
- SUZIGAN, W., “Aglomerações industriais no estado de São Paulo”. IN: *Anais do XXVIII Encontro Nacional de Economia*. Campinas, 2000.
- SUZIGAN, W. *et alii*, “Innovation and knowledge in local production systems in the state of Sao Paulo, Brazil”. IN: *Proceedings of the 10th ISS Conference International Schumpeter Society*. Milão, Itália, 2004.
- SZARO, D. “The European Perspective Global Biotechnology Report 2004” IN: ERNEST & YOUNG, *Beyond Borders: A Global Perspective*, 2004.
- TAVARES, M., *Da Substituição das Importações ao Capitalismo Financeiro*, Rio de Janeiro, Editora Zahar, 11ª Edição, 1978.
- TEECE, D., *Managing Intellectual Capital*. New York. Oxford University Press, 2000.
- TEUBAL, M. *Soja transgênica y la crisis del Modelo Agroalimentario argentino*. Seminario Temático – Departamento de Política Científica e Tecnológica – DPCT. Universidade Estadual de Campinas, 2004.
- THORSTEINSDÓTTIR, H. *et alii*, “Promoting Biotechnology Innovation in Developing Countries”, *Nature Biotechnology*, vol. 22, Dezembro de 2004.
- TUNON, P. “Possibilities and Challenges for Cluster Development”. *Genetic Engineering News*, vol. 23, nº 16, September de 2003.

- VALLE, M.G., *Cadeias Produtivas, Redes de Inovação e a Dinâmica Tecnológica da Citricultura no Estado de São Paulo*, Dissertação de Mestrado, Departamento de Política Científica e Tecnológica- Unicamp, Campinas, 2002.
- VALLE, M.G., & BONACELLI, M. “Arranjos Institucionais de Pesquisa e a Citricultura Paulista” IN: *Anais do Congresso da Associação Brasileira de Instituições de Pesquisa – ABIPTI*. Curitiba, 2002.
- VALLE, M.G., BONACELLI, M. & SALLES-FILHO, S., “Os Fundos Setoriais e a Política Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação” IN: *Anais do XXII Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica*. Salvador, novembro de 2002.
- VALOIS, A., *Possibilidades de Uso de Genótipos Modificados e Seus Benefícios*, Texto para Discussão nº 19. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília, 2003.
- VALOIS, A., “Importância dos Transgênicos para a Agricultura”, *Cadernos de Ciência e Tecnologia*, Vol. 18, nº 1, 2001.
- VARA, A.M. *Transgênicos em Argentina: más allá del boom de la soja*. Seminario Temático – Departamento de Política Científica e Tecnológica – DPCT. Universidade Estadual de Campinas, 2004.
- VIEIRA, A. & BUAINAIN, A., “Propriedade intelectual, biotecnologia e proteção de cultivares no âmbito agropecuário”. IN: SILVEIRA, J., DAL POZ, M. & ASSAD, A. (orgs), *Biotecnologia e Recursos Genéticos: Desafios e Oportunidades para o Brasil*. Instituto de Economia – Unicamp/Finep. Campinas, 2004.
- WILKINSON, J. “Cadeia: Biotecnologia e Agronegócios – Nota Técnica Final” IN: *Estudo de Competitividade por Cadeias Integradas no Brasil: Impactos das Zonas de Livre Comércio*. Campinas, 2002.
- WILSON, I., “Mental maps of the future: An intuitive logics approach to scenarios” IN: FAHEY, L. & RANDALL, R. (editors), *Learning from the Future: Competitive Foresight Scenarios*, John Wiley & Sons Inc., New York, 1998.
- WONG, J. *et alii*, “South Korean Biotechnology: a rising industry and scientific powerhouse” *Nature Biotechnology*, Vol. 22, Dezembro de 2004.

- YEGANIAN TZ, L., “A bioética e a revolução técnico-científica no novo milênio”, *Cadernos de Ciência e Tecnologia*. vol. 18, nº 2. Brasília, 2001.
- ZACKIEWICZ, M. “Coordenação e Organização da Inovação: Perspectivas do Estudo do Futuro e da Avaliação em Ciência e Tecnologia”, *Parcerias Estratégicas*, vol. 17, setembro de 2003.
- ZACKIEWICZ, M. & SALLES-FILHO, S., “Technological Foresight: Um Instrumento para Política Científica e Tecnológica”, *Parcerias Estratégicas*, vol. 10, março de 2001.
- ZANCAN, G., “O Desafio das plantas geneticamente modificadas” *Cadernos de Ciência e Tecnologia*, Vol. 18, 2001.
- ZARRILI, S., *International trade in genetically modified organisms and multilateral negotiations*, UNCTAD/DITC/TNCD/1, 2000.
- ZATZ, M., “Clonagem, Células-Tronco e Bancos de Cordão Umbilical”, *Ciência e Cultura – Temas e Tendências*. Revista da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. Ano 56, nº 3, 2004.
- ZHENZHEN, L. *et alii*, “Health Biotechnology in China: reawakening of a giant” *Nature Biotechnology*, Vol. 22, Dezembro de 2004.