
Estratégias de inovação no desenvolvimento da moderna biotecnologia

MARIA BEATRIZ M. BONACELLI
SERGIO L. M. SALLES-FILHO

Introdução

Compreender e organizar a dinâmica de desenvolvimento tecnológico significa lidar com o processo de inovação em seu conjunto, ou seja, um esforço de articulação para o aproveitamento das fortes economias de escala, de escopo e de aprendizagem que existem nas atividades inovativas em geral e na moderna biotecnologia em particular. O processo inovativo não é linear e, além disso, é executado por agentes muito diferentes, que não só têm visões de mundo diversas, como também se organizam de forma distinta — e a moderna biotecnologia é um bom exemplo nesse sentido. Compreender, absorver e colocar em prática essa lógica é condição estratégica básica para os agentes envolvidos com a promoção da inovação em áreas emergentes do conhecimento, altamente complexas dos pontos de vista científico, tecnológico e de mercado.

A evolução da moderna biotecnologia sempre foi pautada por incertezas e especulações em torno dos mais variados aspectos: desde a factibilidade do desenvolvimento de técnicas

relativas à engenharia genética e à biologia molecular (aspecto superestimado no início das atividades de pesquisa sobre o tema) até as discussões em torno da descentralização de mercados oligopólicos (devido às atividades realizadas por empresas especializadas já no final dos anos 70).

Outro aspecto que vale registrar é o do alto grau de incerteza associado à aceitação pelos consumidores e pela sociedade em geral da entrada no mercado de produtos obtidos por técnicas de engenharia genética. Em todas as partes do mundo há forte reação contra esses produtos, especialmente os alimentos ditos transgênicos. No Brasil, por exemplo, alguns estados da federação estão proibindo o cultivo de variedades transgênicas, formando-se uma consciência coletiva altamente refratária à entrada desses produtos no mercado nacional.¹

De toda forma, o quadro ainda hoje chama a atenção pelo grande número de “novas empresas de biotecnologia” (NEBs) no mercado (especialmente nos EUA, mas também na União Européia); pela sustentação da superioridade (notadamente em relação ao nível tecnológico das atividades) dos americanos frente a outros países, mesmo europeus, o que torna difícil para países menos desenvolvidos até tomá-los como modelo; e pela forma como as grandes empresas buscam trabalhar com as atividades de pesquisa que envolvem a engenharia genética, especialmente através da formação de redes de inovação e de consórcios, entre outras estratégias.

Embora os resultados de mercado dos negócios envolvendo a moderna biotecnologia tenham até hoje sido modestos, há inegavelmente uma revolução em curso, que permite a entra-

1. O mesmo não acontece com os medicamentos de origem transgênica, cujos produtos não são combatidos nem tampouco evitados pelos mesmos opositores dos transgênicos de origem agrícola.

da de firmas especializadas e, principalmente, a reconversão de parte importante dos investimentos das grandes corporações que, direta ou indiretamente, estão envolvidas com a biotecnologia. Mais do que isso, essa revolução se dá também na órbita em que se faz a inovação; ou seja, ocorre na maneira de organizar a pesquisa e planejar o processo inovativo. Dá-se, sobretudo, pela formação de redes de inovação.

Entretanto, como será visto, a biotecnologia no Brasil (como em outros países da América Latina) ainda se ressent de elementos fundamentais para o seu desenvolvimento, tanto em relação ao domínio e ao acompanhamento das técnicas de biologia molecular, como no que concerne aos instrumentos de suporte econômico-financeiro (quase que total inexistência de capital de risco nesses países). Ressente-se, também, da falta de modelos organizacionais mais eficazes para a condução das atividades de pesquisa e desenvolvimento (formação de redes de pesquisa que sustentem a geração de novos conhecimentos nas diversas áreas disciplinares envolvidas com a moderna biotecnologia).

Neste trabalho são identificados os agentes que participam do processo inovativo, suas características e necessidades, seu processo de aprendizagem e suas formas de interação (como alianças estratégicas e consórcios), analisado o papel que as empresas aí envolvidas possuem no desenvolvimento de biotecnologia através da organização da pesquisa, do investimento e da formação das redes de inovação. Acredita-se que a promoção da biotecnologia no Brasil (e em outros países da América Latina) passa pela criação de uma base de capacitação atualizada e objetiva e por políticas que orientem o aprendizado, o investimento e o financiamento, compartilhados através da organização e manutenção de redes nas quais interajam os vários agentes que compõem os sistemas de inovação.

O ambiente de desenvolvimento da moderna biotecnologia: a interação entre os agentes e a formação de redes de inovação

Um dos elementos que identificam um traço comum da nova dinâmica de organização das atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D) é a concepção de “*knowledge sharing*”, ou de formação de redes de cooperação. As instituições (sejam privadas, sejam públicas) que lidam com o desenvolvimento da pesquisa em geral, e no caso da biotecnologia em particular, vêm buscando cada vez mais incorporar esse modo de organização em suas operações, sob diferentes formas e arranjos locais, visando às vantagens do aprendizado compartilhado e da complementaridade de qualificações e outros ativos (notadamente os intangíveis, como o conhecimento e as habilidades dos recursos humanos).

A formação de redes na organização da pesquisa não deve, porém, ser vista como solução para todas as formas de relações entre os agentes produtivos e da inovação. Há situações nas quais trabalhar com redes complexas é pouco recomendado, podendo-se, em tais casos, adotar-se uma postura simples de interação usuário/produtor. Porém, quando há envolvimento de conhecimento novo, complexo e interdisciplinar e de múltiplas aplicações — como é o caso da moderna biotecnologia —, a formação de redes inovativas não somente é recomendada como se torna vital para o avanço de tal conjunto de conhecimentos (ROBERTSON e LANGLOIS, 1995). O mais importante é ter como referencial permanente o conceito de “aprendizado compartilhado”, abandonando-se assim a concepção de “oferta de conhecimento”, na qual a organização (firma, instituição ou centro de pesquisa, universidade, ou outro tipo qualquer) emerge como fonte maior do saber.

O conceito de redes de inovação² pressupõe duas condições básicas: uma clara definição dos papéis de quem participa da rede (quanto mais eficiente uma rede, mais ela suprime sobreposições e atividades ociosas) e a integração entre geração e difusão. Na verdade, assim é o processo inovativo: o conhecimento só se transforma em inovação na hora em que passa a tomar parte, direta ou indiretamente, de algum processo produtivo. Assim, a prática da inovação tecnológica requer o exercício permanente de interação entre diferentes agentes. Dito de outra forma, a inovação não se explica apenas pela oferta de novos conhecimentos decorrentes da pesquisa; nem é suficiente tentar elucidá-la colocando-se toda a ênfase nas demandas exercidas pelo mercado. Trata-se, sobretudo, de entender que a inovação se dá pelas relações que se estabelecem entre os distintos agentes do sistema inovativo, ou, usando o jargão usual da área, pela determinação conjunta de oferta e demanda.

Destarte, saber posicionar-se no processo inovativo é condição elementar de competitividade. E, para isso, é preciso identificar os possíveis *loci* de inserção e relacioná-los com as competências disponíveis na organização, detectando outras que precisam ser criadas ou renovadas de forma a definir alvos e corrigir o foco da ação. Dado o grande número de agentes hoje atuando em biotecnologia, com inserções as mais diversas nas redes de inovação, é preciso, como política, saber organizá-los.

Sendo assim, a internalização das atividades de P&D (especialmente no caso da biotecnologia) por uma só organização

-
2. Uma definição possível de rede é considerá-la como um processo de interação intra e interorganizacional, que objetiva o compartilhamento de conhecimentos e habilidades múltiplas para a consecução de objetivos que vão desde a ampliação de conhecimentos genéricos até a solução de problemas específicos (técnicos, econômicos, sociais). As redes podem, portanto, ter densidade, permeabilidade e abrangência variadas, e ser mais ou menos circunstanciadas (isto é, ter seus limites mais ou menos definidos). Para uma melhor discussão sobre redes de inovação, ver Mello (2000).

não é, mesmo se possível, desejável e eficiente, dado o ambiente de extrema complexidade e dinâmica inovativas onde está inserido o desenvolvimento tecnológico. Como apontado por Etzkowitz e Leydesdorff (1998), os setores de biotecnologia e de informática são bons exemplos dessas características. Aproveitar economias de escala em P&D, dividir riscos e explorar a complementaridade de ativos visando à obtenção de economias de escopo (TEECE, 1986) leva, assim, à formação de múltiplas formas de cooperação, configurando redes para desenvolver e explorar conhecimento. Isso decorre do fato de ciência e tecnologia serem endógenas ao sistema econômico (FREEMAN, 1975, NELSON e WINTER, 1982, DOSI, 1984). Essa concepção vai ao encontro da abordagem proposta por Rosenberg (1990), para quem o fundamental não é ter todas as atividades de P&D internalizadas, seja numa firma, seja numa instituição pública de pesquisa, mas sim saber onde buscar o conhecimento e como utilizá-lo (SALLES-FILHO e KAGEYAMA, 1998).

As redes de inovação comportam um complexo conjunto de atores e, muitas vezes, é mais eficiente contar com estruturas “multi-atores”, nas quais há maior segmentação das atividades, do que confiar em poucos atores que integrem, dentro de si, a maioria das atividades necessárias à inovação. Assim, capacitar-se para melhor se posicionar no processo inovativo, com uma qualificação particular — mas bem definida — é mais importante do que procurar dar conta de todas as componentes necessárias para realizar a inovação. Aí está, portanto, o ponto central da questão: definir as atividades em relação às quais a organização pretende ser vista como um ator importante na construção e no desenvolvimento do processo inovativo, ou seja, nas redes de inovação. Isso requer, muitas vezes, a redução da dispersão das atividades e o aumento da flexibilidade e da capacidade de monitoramento do ambiente pela organização. Definir e saber divulgar suas competências, ter agilidade

para perceber, internalizar e traduzir as transformações do ambiente são atitudes imprescindíveis para a sustentabilidade numa rede de inovação.

A moderna biotecnologia ilustra perfeitamente esse fato. As várias formas de interação colocadas em prática pelas organizações envolvidas com essa atividade têm como objetivo o aproveitamento das sinergias e das possibilidades de colocar-se à frente em negócios que, se bem-sucedidos, podem render não somente bons retornos financeiros às organizações implicadas, mas também um *ticket* para ingressar em novas redes e/ou consórcios que, por sua vez, colocam as empresas em situação vantajosa quando da negociação envolvendo financiamento, investimento, comercialização de produtos e/ou resultados de pesquisa, transações em mercados de ações, fusão, aquisição, *joint ventures* etc. Ou seja, participar de uma rede/consórcio, atualmente, significa o reconhecimento de um potencial de competência e de uma capacitação técnico-científica e organizacional que, ao mesmo tempo, abrem as portas para outras e diferentes interações.

Dessa forma, apesar das instituições reguladoras (padrões contratuais, leis de biossegurança, leis e rotinas de propriedade intelectual etc.) estarem sendo construídas, as firmas têm preferido ir ao mercado a verticalizar as atividades inovativas, assumindo assim custos elevados de transação (WILLIAMSON, 1985). Mas não é apenas a forte incerteza presente nos projetos de desenvolvimento na biotecnologia que faz com que as firmas evitem a verticalização; é, sobretudo, o ganho potencial decorrente das economias de escala e de escopo presentes na criação de redes. Embora os custos de transação indiquem um ambiente pleno de motivos para a verticalização, pois as instituições econômicas estão sendo ainda construídas, a especificidade dos ativos e as condições de racionalidade são parcas, e a complexidade dos projetos exige que se adote a via da cooperação (BONACELLI e SALLES-FILHO, 1996).

Estratégias mantidas por empresas no contexto da moderna biotecnologia

A variedade das interações mantidas pelas empresas envolvidas com biotecnologia é grande e apresenta volumes importantes de recursos financeiros implicados. Segundo Burrill & Co. (1999), no quarto trimestre de 1997, por exemplo, o valor total das colaborações foi de US\$ 1,2 bilhão, fusões e aquisições somaram US\$ 910 milhões e licenças chegaram a US\$ 186 milhões. Um dos exemplos de diferentes estratégias de colaboração em terapia genética é o da Ciba Geigy (suíça), que adquiriu a Chiron (EUA) em 1994 por US\$ 2,1 bilhões; comprou parcialmente a Viagene (EUA), via Chiron, em 1995, por US\$ 130 milhões e possui colaborações com a Myriad Genetics e a Isis (EUA), cujos valores variam entre US\$ 30 e 60 milhões (*Biofutur*, maio 1995, BURRILL e LEE JR., 1992, 1993).

Outro tipo de estratégia foi buscada pela Rhône Poulenc Rorer (RPR), braço farmacêutico da multinacional, e apresenta um exemplo dos mais importantes para caracterizar a formação de redes. A RPR vem destinando 20% dos gastos em P&D (que em 1993 foram de cerca de US\$ 550 milhões) em um programa de terapia genética, através da criação de uma divisão especial — a Gencell —, encarregada de gerenciar uma rede original, que envolve mais de 400 pesquisadores e 14 instituições, entre empresas (6 no total, sendo 5 NEBs americanas e uma filial francesa do grupo), laboratórios e institutos públicos de pesquisa (um deles americano e os outros franceses) (BONACELLI, 1996). Tal empreendimento, após cerca de seis anos de duração, superou a primeira fase de testes clínicos, quando se avaliou a segurança dos produtos sobre os pacientes. Juntamente com a NEB americana Introgen, que faz parte do consórcio, a Gencell partiu para a etapa posterior, que procura demonstrar a eficácia do tratamento. Já a Sandoz (suíça)

optou pela aquisição da Genetic Therapy e da Systemix, em 1995, investindo US\$ 295 milhões e US\$ 472 milhões, respectivamente, nessas aquisições (*Biofutur*, maio 1995, BURRILL e LEE JR., 1992, 1993).

Há empresas que vêm se relacionando através de plataformas de pesquisa, a partir de um determinado propósito de trabalho. Esse é o caso do programa DiscoverEase, que possibilita o acesso a uma biblioteca de novas proteínas e a um banco de dados contendo informações sobre cada uma delas. No início de 1998, mais uma empresa, a Scios (EUA), juntou-se à plataforma genômica, organizada pelo Genetic Institute (GI, EUA) para descobertas de proteínas terapêuticas. Outras instituições participantes dessa plataforma são Bayer (Alemanha), Chugai Pharmaceutical e Kirin Brewery (Japão), e Chiron, Genentech e Ontogeny (EUA). Porém, o trabalho está longe de seu objetivo inicial, o de detalhar 5.000 proteínas (*Nature Biotechnology*, fev. 1998).

Quanto aos consórcios, em 1995 a Pfizer formou o Pfizergen, um consórcio organizado para coletar dados sobre as propriedades dos genomas, e que é integrado por sete NEBs. Em 1996, a SmithKline Beecham criou e estendeu uma relação com a Human Genome Sciences (HGS), sociedade americana, criando uma rede juntamente com outras grandes empresas – Schering-Plough, Takeda Pharmaceuticals, Merck e Synthelabo. Nesse caso, cada companhia paga cerca de US\$ 50 milhões para ter acesso a informações da sequência e expressão geradas pela HGS, na esperança de sair na frente no Projeto Genoma Humano. Outro consórcio é o formado por instituições como a Glaxo Research Intitute e Santa Fe Institute; este último administra tal rede, chamada de Diversity Biotechnology Consortium (DBC), e que conta com outras 11 instituições. Como a Pfizergen, e diferentemente da Gencell, a DBC não é uma entidade legal ou uma divisão organizacional. O Quadro 1 apresenta dados sobre as tecnologias pesquisadas,

o número de parceiros e de pesquisadores envolvidos, assim como o investimento feito pelos três grupos de consórcio.

Quadro 1. *Tecnologias envolvidas, número de parceiros e de pesquisadores e montante de investimento de alguns consórcios.*

Consórcio	Tecnologia	Parceiros	Nº pesquisadores	Investimento
RPR-Gencell	Eng. Gênica	14	400	US\$ 300 milhões
Pfizergen	Genoma	8	250	US\$ 115 milhões
DBC	Várias	13	250	US\$ 0,3 milhões

Fonte: *Nature Biotechnology* (1996).

Os maiores benefícios dos consórcios são o acesso a tecnologias complementares e a somatória de uma massa crítica bastante significativa. Para uma pequena empresa especializada, participar de um consórcio permite uma “quase-verticalização” de suas atividades, principalmente no que toca à comercialização e à distribuição. Porém, as empresas ainda hesitam em formar consórcios, pelo risco de verem concorrentes se beneficiando, com menos recursos e mais rapidamente, de resultados oriundos de outros tipos de estratégia, e também pela questão da propriedade intelectual. O fato é que não se trata apenas de acordos pré-competitivos. Encarar consórcios e cooperação em inovação somente como estratégia pré-competitiva é observar apenas um aspecto da questão, muitas vezes secundário. Por outro lado, essa situação também indica a necessidade de rápido amadurecimento das instituições básicas que dão suporte aos contratos de cooperação.

Ao mesmo tempo em que o número de acordos de cooperação vem aumentando, cresce também o número de processos jurídicos relacionados à pesquisa em biotecnologia. As

atividades ligadas à biotecnologia aplicada à agricultura são as responsáveis pela maioria das questões. Dekalb Genetics, Mycogen, Pioneer Hi-Bred International, Monsanto, Agrigenetic, Northrup King (americanas), Novartis (suíça) e Agrevo (alemã) são algumas das empresas envolvidas nesses processos, principalmente sobre apropriação de patentes de sementes transgênicas. Somente um caso foi resolvido: uma ação da Dekalb contra a Novartis, que foi rejeitada. A empresa mais presente nas ações é a Genentech, com 24 processos completos ou em andamento, seguida pela Amgen e pela Chiron, cada uma com 16 casos. O custo dessas ações chega a US\$ 3 milhões cada uma, sendo que em 1995 os casos de disputa por patentes somaram mais de US\$ 100 milhões (*Nature Biotechnology*, mar. 1997).

Quanto à relação entre empresas e universidades/centros de pesquisa, houve uma mudança no contexto de interação que se observa desde os primeiros anos de desenvolvimento da moderna biotecnologia. Se, no início, muitas firmas tinham como base técnico-científica os departamentos de várias universidades, essa relação cedeu grande parte de seu espaço às interações entre empresas. De toda forma, esse quadro não significa, em absoluto, uma perda de importância do setor público na geração de conhecimentos, mas uma mudança na própria dinâmica de inovação e de concorrência, pois as universidades possuem um papel fundamental — e único —, não somente devido à sua capacidade de gerar conhecimento genérico (CALLON, 1994), mas também porque participam, crescentemente, do empresariamento das pesquisas em biotecnologia. “A universidade empreendedora integra o desenvolvimento econômico como uma função acadêmica, juntamente com o ensino e a pesquisa” (LEYDESDORFF e ETZKOWITZ, 1998).³

3. É a chamada “terceira missão” da universidade.

A maior inserção da universidade no empresariamento da pesquisa, embora não seja um fato novo, tem sido bastante estimulada por políticas que visam maior competitividade das empresas e dos países. Mowery (1998) aponta duas medidas institucionais tomadas pelos governos americanos na década de 80 para envolver as universidades no empresariamento das atividades de P&D. A primeira se refere ao estabelecimento de programas tecnológicos abrangendo universidades e empresas, como o National Center for Manufacturing Science, o programa Sematech para a área de semicondutores, o Advanced Technology Program, do Departamento de Comércio, e o Engineering Research Centers, da National Science Foundation. A segunda diz respeito à legislação de propriedade intelectual: o Bayh-Dole Patent and Trademark Amendments Act de 1980, que permitiu a pequenas firmas e a *non-profit institutions* (inclusive universidades) o usufruto de patentes obtidas com pesquisas financiadas com fundos públicos federais; e o Federal Technology Transfer Act, de 1986, que facultava aos laboratórios federais conduzir pesquisa cooperativa e acordos de desenvolvimento tecnológico com firmas privadas.

Particularmente no caso da moderna biotecnologia, as inter-relações entre governo, indústria e universidade na geração de ciência, tecnologia e inovação têm um componente institucional muito forte, e os EUA são, mais uma vez, um bom exemplo disso. Em nenhum outro caso o desenvolvimento da biologia molecular e de suas aplicações tecnológicas tem uma inter-relação tão estreita como naquele país. Os elementos institucionais necessários para uma espiral virtuosa estão sendo construídos há cerca de 30 anos: legislação sobre propriedade intelectual, estrutura de financiamento diversificada e farta, regulamentação liberal para organismos transgênicos, estruturas de pesquisa igualmente diversificadas articulando academia, agências governamentais (como os National Institutes of

Health/NIH) e grande indústria, empresas de alta tecnologia especializadas, entre outros.⁴

Para exemplificar a interação universidade/indústria no campo da biotecnologia, seria preciso um longo relato. Mas, para citar apenas alguns, vale destaque o financiamento de US\$ 25 milhões que a Novartis está fazendo para o departamento de plantas e microbiologia da Universidade de Berkeley (EUA), com o objetivo de incrementar seu programa de biotecnologia aplicado à agricultura. A empresa tem planos também de construir um novo laboratório no *campus* da universidade, por outros US\$ 25 milhões. A justificativa da empresa é que a universidade conhece melhor onde o melhor da pesquisa está acontecendo. Ainda não foram negociados direitos exclusivos sobre os desdobramentos da pesquisa (*Nature Biotechnology*, dez. 1998).⁵

-
4. Um aspecto muito interessante do contexto americano é o aparente paradoxo entre as perdas contábeis e os altos gastos em P&D, ambos crescentes e persistentes. Tal fato se explica fundamentalmente pela estrutura de financiamento presente notadamente nos EUA: a participação do mercado de capitais na sustentação financeira das firmas é aspecto determinante na dinâmica de investimentos privados em biotecnologia nos EUA. Um mercado como esse lida de forma desenvolta com as expectativas de ganhos, quase independentemente do desempenho contábil e de curto prazo das empresas. É isso que, articulado ao capital de risco, mantém os investidores em permanente aposta na expectativa de *payoffs* expressivos. Caso uma das firmas chegue a um bom produto e o realize num bom mercado, o retorno será substantivo. Assim, a formação, a existência e a sobrevivência das NEBs, num ambiente de extrema incerteza (científica, tecnológica e de mercado) e cada vez mais competitivo, dependem fortemente da estrutura de financiamento.
 5. Outros exemplos de cooperação empresa/universidade/institutos de pesquisa são: Caliper Technologies (EUA) e Oak Ridges National Laboratories (EUA) — US\$ 1,4 milhão; Cerebrus (EUA) e Wolfson Institute for Biomedical Research (UK); Hoescht Marion Roussel e Harvard Medical School (EUA) — US\$ 16 milhões; Rhône Poulenc Rorer (FR) e Stanford University (EUA) — US\$ 5 milhões; Genset (EUA) e Technion Institute of Technology (Israel); Parexel (EUA) e Georgetown University (EUA); Verigen (EUA) e Tufts University (EUA); Oxford Molecular (UK) e Polymasc (UK); Gene Logic (EUA) e John Hopkins University (EUA); Memorial Sloan Kettering Cancer Center (EUA) e Sequana Therapeutics (EUA) — US\$ 10 milhões; Bristol Myers Squibb (EUA) e University of Texas (EUA) (*Nature Biotechnology*, vários números).

Outro tipo de estratégia de interação é exemplificado pela IBM e pela Monsanto, que estabeleceram uma aliança tecnológica na qual esta última terá acesso à próxima geração da tecnologia de análise algoritma de DNA da IBM — a “Teiresias” —, que permite a descoberta rápida de padrões do DNA e de seqüências de proteínas. As duas empresas criaram também o IBM/Monsanto Solution Center, um centro prestador de consultoria a corporações que pretendam implantar o “*enterprise resource planning*”, um sistema para integrar software de direção de negócios com o de gerenciamento do inventário e da produção. A Monsanto espera, com tal aliança, obter novo instrumental para expandir sua tecnologia e sua capacitação em genoma, assim como realizar descobertas que não seriam possíveis com a utilização de ferramentas analíticas (*Nature Biotechnology*, fev. 1998).

O que se percebe com tais exemplos são os mais variados tipos de acordos entre as organizações envolvidas com o desenvolvimento da moderna biotecnologia. Tal aspecto não se apresenta como novidade. Estudos anteriores (BARLEY, FREEMAN e HYBELS, 1993, PISANO, 1991, PISANO, SHAN e TEECE, 1988, BONACELLI e SALLES-FILHO, 1996, entre outros) já haviam chamado atenção para esse fenômeno. O que se pretende aqui é enfatizar o aprofundamento de tais relações, insistindo para o fato de que é em torno da formação de redes, da pesquisa cooperativa e do aprendizado compartilhado que hoje a pesquisa e a inovação se organizam. Essa nova sistemática de trabalho não elimina a concorrência, pelo contrário, a acirra, pois competência e eficiência (tecnológica, científica, gerencial, organizacional etc.) são elementos indispensáveis para a participação em uma rede de inovação.

O contexto de desenvolvimento da biotecnologia no Brasil

Apesar da biotecnologia apresentar um campo de desenvolvimento científico e técnico que não pode deixar de atender à necessidade de formação de uma rede de cooperação, sua evolução no Brasil, passados cerca de 20 anos de desenvolvimento, revela um marco institucional pouco integrado, tanto no que se refere à pesquisa privada como à pública. A questão dos consórcios e da pesquisa cooperativa apenas recentemente começa a tomar impulso, assim mesmo de forma tênue e, na maioria das vezes, sem a devida integração das empresas nacionais, resultando, ao fim e ao cabo, em acordos incompletos.

Mesmo existindo organismos governamentais encarregados das questões relativas à biotecnologia, não há, porém, programas específicos de estímulo à criação de empresas especializadas. Além disso, as principais fontes de financiamento dos empreendimentos — o capital de risco e o mercado de ações — estão praticamente ausentes, aspecto agravado pela crise econômica que o país enfrentou durante vários anos, e também pelo fato dos recursos para ciência e tecnologia (C&T) — inclusive para biotecnologia — serem dirigidos fundamentalmente à comunidade científica. Ou seja, não há, na prática, estrutura de financiamento para investimentos dessa natureza no país. A criação (e, mais que isso, a sustentabilidade) de empresas especializadas está limitada pela carência de fontes adequadas de financiamento; pelo pouco interesse das grandes empresas em estabelecer acordos de cooperação para explorar o seu próprio potencial; pela fragilidade dos vínculos com as instituições públicas; e porque não há estímulos para o surgimento de “pesquisadores-empresários”, figura típica da estrutura americana.

A fragilidade do sistema de inovação brasileiro, bem caracterizada em estudos como os de Coutinho e Ferraz (1994),

Ferraz *et al.* (1995) e Dahlman e Frischtak (1993), revela dois elementos explicativos básicos, que também configuram o quadro estrutural da biotecnologia no país: o baixo envolvimento das empresas em P&D e na inovação de uma maneira geral; e a atuação corporativa das instituições públicas de pesquisa (onde está a maior parte dos recursos de C&T do país), o que privilegia uma lógica autocentrada de se fazer pesquisa. Essas características são fatais para pretensões mínimas de capacitação e inovação na biotecnologia, e em tudo o que ela representa para a estrutura produtiva e de serviços.

Outra característica do contexto brasileiro diz respeito à implantação da regulamentação em biossegurança. Após alguns anos de tramitação no Congresso Nacional, foi sancionada a Lei de Biossegurança no país, em 1995, e criada a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança – CTNBio. Constituída por 36 membros das mais diversas áreas do conhecimento e representantes de diferentes órgãos (empresarial, de defesa do consumidor, de proteção à saúde e ao meio ambiente, entre outros), a CTNBio tem como tarefa estabelecer normas e regulamentos relativos a projetos e atividades envolvidos com a moderna biotecnologia. Atualmente, o caso mais em evidência é o da soja Roundup Ready, da Monsanto. Ainda não está liberada a comercialização de organismos geneticamente modificados no país. Entretanto, em lugar de representar uma perda de competitividade para o Brasil, muitos vêem nesse fato a possibilidade do país ganhar espaço em mercados que valorizam alimentos não-transgênicos (*Agra Europe*, 30 jan. 1998, *O Estado de S. Paulo*, 15 jul. 1999).

Não obstante uma situação de atraso substancial, as lições tiradas do panorama internacional são úteis para o caso brasileiro. Se os projetos tecnológicos integrados, organizados em redes e consórcios, são uma necessidade nos países desenvolvidos, entre outras coisas pelos requerimentos de capital e de competência envolvidos, com mais razão ainda esse formato

deve ser estimulado nos projetos de países com menor concentração de recursos humanos e financeiros. Por outro lado, a tradicional concepção que enxerga o desenvolvimento tecnológico a partir da evolução científica, em perspectiva linear, se não faz sentido em economias desenvolvidas, muito menos em países menos desenvolvidos, onde a geração de conhecimento básico é marcadamente reduzida. Assim, projetos tecnológicos bem direcionados podem ter muito mais sucesso como fator de promoção da biotecnologia no país, inclusive para gerar capacitação em áreas básicas do conhecimento, que terão necessariamente de ser incrementadas para atender às demandas tecnológicas. Por fim, a participação dos organismos governamentais de C&T, alocando recursos, coordenando atividades, priorizando ações e promovendo a cooperação e a captação de recursos é, no mínimo, tão importante aqui quanto o é nos países desenvolvidos.

Exemplo claro de capacitação e competência existentes no país e na região (América Latina) e da importância de se trabalhar sob a organização de redes de inovação é o do programa Cyted-BT, estabelecido em 1987. Ele é um dos 16 subprogramas do Cyted (que conta com microeletrônica, robótica, novos materiais, catalisadores, conservação de alimentos, energia, biotecnologia, entre outros), implementado em 1982 pelos governos espanhol e português e todos os 19 países latino-americanos, para estabelecer um rede de cooperação científica e tecnológica. Segundo Bialy (1998), a principal característica do Cyted é a sua simplicidade, o que o torna amplamente flexível e inovativo para responder às mudanças no ambiente comercial e científico.

O maior resultado do Cyted-BT foi o desenvolvimento de um *kit* Elisa altamente específico, barato e preciso para o diagnóstico da doença de Chagas, causada por um parasita que afeta 18 milhões de pessoas e coloca em risco 100 milhões de habi-

tantes na América do Sul.⁶ Tal trabalho foi desenvolvido através da formação de uma rede de pesquisa multinacional e interdisciplinar de cooperação, pois tinha como participantes pesquisadores do Brasil, Argentina, Espanha e Venezuela com larga experiência em identificar antígenos do *Tripanossoma cruzi*. Depois do longo processo de pesquisa (para selecionar os antígenos recombinantes mais sensíveis e específicos, testá-los, configurá-los num formato Elisa, enriquecê-los e melhorar sua *performance* etc.), iniciado em 1990, onde até mesmo um *software* foi especialmente desenvolvido na Fundação Oswaldo Cruz, uma NEB americana (ChemBio Diagnostic System) incorporou-se na rede e deve tornar o *kit* mais simples, barato e rápido na detecção de anticorpos no sangue. O *kit* chama-se Chagas Stat-Pak e sua distribuição deve ficar a cargo da Biocytid Inc., que pretende atrair outras empresas interessadas em comercializá-lo nos mercados da América Latina. O custo do projeto foi bastante modesto – US\$ 200.000 (*Nature Biotechnology*, set. 1998).

Casos de formação de redes no país têm sido apoiados pela Fapesp (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo). O exemplo mais importante é o Projeto Genoma (financiado em grande parte por essa instituição), visando o estudo funcional da virulência e da patogenicidade da bactéria *Xylella fastidiosa*, agente causador da clorose variegada dos citros, ou o “amarelinho”. O projeto teve início em 1997, e previa o estabelecimento de parcerias entre o Estado, a iniciativa privada e as universidades para o desenvolvimento do mapeamento genético da *Xylella fastidiosa*.⁷ O projeto, o maior de cunho

6. Na maioria dos países da parte central do continente, estima-se que a população com risco de infecção seja cerca de 50%, e que 10% já estejam infectados (BIALY, 1998).

7. Bactéria transmitida pela cigarrinha e causadora de uma doença que ataca os laranjais no Brasil e na Argentina, conhecida como CVC (clorose variada dos citros), ou “amarelinho”. Em 1997, a fitogenia chegou a atingir 30% da produção de la-

científico conduzido no Brasil, obteve um investimento de US\$ 15 milhões, envolveu cerca de 35 laboratórios e 200 pesquisadores, e foi concluído em janeiro de 2000. O *Xylella fastidiosa* é o primeiro fitopatógeno que teve seu genoma mapeado em todo o mundo. São 2,7 milhões de bases genéticas da bactéria, que foi escolhida pela sua importância atual no setor citrícola, pela possibilidade do seu cultivo em laboratório e por não envolver uma linha de pesquisa praticada pelos principais centros de biologia molecular do eixo Estados Unidos-Europa-Japão. As capacitações adquiridas pelos laboratórios e pesquisadores brasileiros, especialmente aqueles participantes da Rede Onsa (Organization for Nucleotides Sequencing and Analysis), abrem caminhos para o estabelecimento de novas parcerias na área de biologia molecular (*Revista Fapesp*, n. 50, jan./fev. 2000).

Outro exemplo de redes formadas pela Fapesp está relacionado ao Programa Genoma Humano do Câncer, estabelecido por uma parceria entre a Fapesp e o Instituto Ludwig de Pesquisa sobre o Câncer, no início de 1999, para o mapeamento, em dois anos, de 500 a 700 seqüências em material genético extraído de tumores gástricos, do colo do útero, do pescoço e da cabeça (*Folha de S. Paulo*, 20 mar. 1999). US\$ 20 milhões já foram investidos por ambos os parceiros. Sob essas expectativas, foram envolvidos 30 laboratórios e cerca de 150 pesquisadores (*Revista Fapesp*, n. 52, abr. 2000). O projeto, atualmente, é o segundo maior fornecedor de informações sobre

ranja do estado de São Paulo, maior produtor de frutas cítricas do mundo, responsável por 87% da produção nacional e 30% da produção mundial, e gerando cerca de 400 mil empregos diretos e indiretos em cerca de 204 municípios. Os prejuízos causados pela bactéria, em 1996, contabilizaram US\$ 145 milhões, entre safras perdidas e busca de soluções. Dada a importância econômica da cultura da laranja e a rápida propagação da doença, mais de US\$ 4 milhões em investimentos foram realizados entre 1996 e 1997, em pesquisas desenvolvidas em universidades e diversos institutos, inclusive nos EUA, França, Espanha e Argentina (*Folha de S. Paulo*, 15 out. 1997).

câncer no mundo para o GenBank, um banco de dados internacional no qual a informação torna-se pública (*Folha de S.Paulo*, 13 jul. 2000).

Em março de 1999, a Fapesp também anunciou o financiamento do projeto Biota-Fapesp, o qual pretende construir um banco de dados sobre diversidade genética da flora e da fauna no estado de São Paulo. Tal projeto envolve 200 especialistas de várias instituições, e já identificou substâncias químicas extraídas de plantas que apresentam atividades contra fungos, tumores e a doença de Chagas (*Revista Fapesp*, n. 51, mar. 2000). Um outro acordo foi anunciado também em abril de 1999 pela Fapesp, cujo objetivo é mapear os 50.000 genes da cana-de-açúcar. O projeto é conduzido em parceria com a Copersucar (Cooperativa dos Produtores de Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo). Previu-se investimento de US\$ 8 milhões em quatro anos. Atualmente, 23 laboratórios de 12 diferentes instituições estão participando do projeto. Até agora, 180 genes relacionados à reação da planta contra doenças e 142 envolvendo o metabolismo da planta foram identificados (*Folha de S.Paulo*, 02 abr. 2000).

Esses tipos de redes são particularmente importantes para a criação de capacitação em biologia molecular no Brasil (especialmente, mas não exclusivamente, em São Paulo). Conseqüentemente, essas redes não podem ser consideradas redes de inovação em sentido restrito do termo, mas especialmente redes técnico-científicas. Naturalmente que o processo de alimentar redes técnico-científicas faz parte da construção de sistemas de inovação. A capacidade de criar tem, cada vez mais, que ser completada com outras, especialmente com aquelas relativas à transformação do novo conhecimento em produtos, processos e serviços.

Quanto às estratégias de empresas privadas, um dos segmentos mais visados em relação aos investimentos em biotecnologia na agricultura é o de sementes, em nível mundial e também no

Brasil. Recentemente, houve uma forte investida de multinacionais – praticamente todas elas da agroquímica – no mercado de sementes do país, via compras e fusões de várias empresas que atuavam nesse mercado há anos. Essa estratégia de aquisição de empresas sementeiras por multinacionais da agroquímica não é novidade. As motivações para uma tal movimentação vão desde a diversificação das áreas de atuação, passando pela utilização desse mercado como fonte de informação para as atividades dessas companhias, até a execução de uma estratégia de entrada em um novo mercado e em um campo de conhecimento em mudanças colocadas pelas oportunidades abertas pela moderna biotecnologia (BONACELLI, 1996). Tais estratégias visam tanto a criação, dentro das próprias empresas da agroquímica, de uma divisão de sementes, como também, e mais freqüentemente, a fusão ou aquisição de empresas sementeiras.

Um diretor da Novartis Seeds do Brasil justificou assim tal estratégia: “Boa parte do que se fazia com agroquímicos é possível fazer com genética de plantas. A empresa que pretende continuar na área tem, portanto, que trabalhar com sementes” (Revista *Globo Rural*, 1999). A principal propriedade buscada com a utilização do melhoramento genético de plantas é a resistência a insetos, a pragas, a doenças e aos herbicidas — nesse último caso, as pesquisas mais avançadas, realizadas pela empresa agroquímica norte-americana Monsanto, já desenvolveram plantas resistentes ao herbicida número um dessa própria empresa, o Roundup.

O mercado brasileiro de milho foi o mais visado nesse processo de aquisição, e o caso que mais chama atenção é justamente o da Monsanto — depois de adquirir a divisão de sementes de uma das empresas nacionais mais tradicionais do segmento (a Agrocere), comprou a divisão latino-americana de sementes da Cargill e a empresa, de capital nacional, Braskalb (representante da DeKalb no país, também adquirida pela

Monsanto em 1998). Outro exemplo é o da Dow Chemical, cuja entrada no segmento de milho ocorre via Mycogen: ela adquiriu no Brasil a Dinamilho (da Carol — Cooperativa dos Agricultores da Região de Orlândia), a Híbridos Colorado, a Sementes Hatã e a FT Biogenética. A justificativa, segundo um dos diretores da Monsanto, é que “as compras foram feitas para acelerar o acesso dos agricultores dos diferentes níveis de tecnologia à biotecnologia” (Revista *Globo Rural*, 1999). Com essas ações, o mercado brasileiro de sementes de milho sofreu uma forte desnacionalização e concentração: se até 1997 mais de 50% de empresas eram nacionais (Agrocere, Unimilho, Braskalb e Dina), em 1999 somente a Monsanto passou para uma participação de quase 70% do mercado, seguida pela Dupont/Pionner, pela Novartis e pela Dow/Mycogen/Dina. A única representante nacional com maior peso é a Unimilho,⁸ com cerca de 12% do mercado, o qual chegou a atingir 20% antes desse processo (Revista *Globo Rural*, 1999).

Outro exemplo de diversificação, tanto de mercados como de estratégia de atuação, foi a postura adotada no início dos anos 90 pela Vallée S.A., empresa de capital nacional cujos principais produtos são vacinas (contra FMD — “*food and mouth diseases*”) e antiparasitas. Em 1997, a empresa contava com cerca de 380 empregados, e sua receita líquida foi de aproximadamente US\$ 35 milhões (*Gazeta Mercantil*, 30 jul. 1999). Porém, nesse caso específico, a empresa procurou estabelecer redes de inovação através de parcerias com universidades, via recursos competitivos, e de alianças com outras empresas privadas. A estratégia é fortalecer contatos com parceiros externos, especialmente da Argentina e de Cuba. Quanto aos conta-

8. A União de Produtores de Sementes de Milho é formada por vários produtores de sementes, que trabalham com o BR 201, milho híbrido desenvolvido pelo Centro da Embrapa de Milho e Sorgo, em Sete Lagoas/MG. A Embrapa recebe *royalties* com a venda desse produto.

tos e às parcerias com institutos públicos de pesquisa e universidades no país, busca-se, por exemplo, renovar a parceria existente com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e a Universidade de São Paulo (USP), num novo projeto para o desenvolvimento de vacinas. Para esse tipo de estratégia, a Vallée se utiliza largamente de programas de agências de fomento do governo federal, especialmente o PADCT (Programa de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, lançado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia em parceria com o World Bank, cuja primeira edição ocorreu em 1984 objetivando o financiamento de projetos de C&T) e o Rhae (Programa de Capacitação de Recursos Humanos para Atividades Estratégicas, lançado em 1987 também pelo Ministério da Ciência e Tecnologia). Esse último programa, em especial, possibilitou o treinamento e a formação de mão-de-obra especializada para a empresa.

Por sua vez, a instalação de incubadoras de empresas ou parques tecnológicos, no caso brasileiro, com poucas exceções, não vem apresentando resultados concretos, notadamente frente ao montante de recursos investidos, muitos dos quais a fundo perdido. A grande maioria dos projetos das empresas instaladas em programas de incubadoras envolve atividades de baixa densidade tecnológica (*kits* diagnóstico, meios de cultura, análises, propagação de mudas etc.), com poucos exemplos de empresas que obtiveram espaço no mercado desenvolvendo atividades em biotecnologia a partir de programas de incubadora.

Políticas para a promoção do investimento em biotecnologia no Brasil

O contexto de interação entre os agentes do Sistema Nacional de Inovação e a dinâmica evolutiva da moderna biotecnologia no Brasil têm se apoiado principalmente nos conhecimentos dos institutos e centros públicos de pesquisa e das

universidades, os quais conformam o centro das redes de inovação. São raros os casos de cooperação entre empresas nacionais e entre estas e empresas estrangeiras (revelando que as redes não são muito abertas ao exterior). Neste último caso, prevalecem os acordos de transferência de tecnologia, nos quais o procedimento é, no mais das vezes, unidirecional, sem criação de capacitação tecnológica suficiente para que a empresa nacional possa, posteriormente, empreender projetos próprios de maior envergadura. As relações de cooperação têm muitas vezes um caráter informal, o que coloca problemas contratuais elementares (como, por exemplo, de propriedade intelectual) e que dificultam, quando não tornam estéreis, tentativas de ampliar a base interna de capacitação.

Esse modelo se agrava pela existência de um pequeno número de laboratórios privados de pesquisa em nível nacional, os quais, segundo Nelson (1993), geralmente constituem o ponto de convergência mais importante de um sistema de inovação. Na verdade, os investimentos privados, no caso das NEBs, estão orientados para nichos de mercado e, nas grandes empresas, para atividades bastante pontuais (quase que exclusivamente para a solução de problemas operacionais na produção, a partir de técnicas de nível intermediário de sofisticação), o que muitas vezes não permite uma aproximação maior entre esses dois agentes. Assim, nem se faz a “vigília” tecnológica e nem se busca liderança tecnológica.

Aí, sem dúvida, entra a necessidade de participação das firmas especializadas e das empresas estabelecidas na criação de redes, consórcios e outros mecanismos de financiamento compartilhado, que envolvam empresas e instituições de pesquisa nacionais e estrangeiras. Faz-se, portanto, imprescindível que o governo brasileiro ofereça condições para que sejam criados e mantidos acordos de cooperação e redes interempresariais, pois esse tipo de organização industrial parece ser cada vez mais importante para o desenvolvimento da

biotecnologia nos próximos 10 a 15 anos. Como quase nunca querer é poder, é preciso para tanto que se criem, no seio das firmas e das instituições, competências bastante objetivas, tanto na área da pesquisa *strictu sensu* como na produtiva e comercial. Participar de projetos cooperativos exige demonstrar uma capacitação clara, pois, como dissemos, hoje os projetos de desenvolvimento tecnológico são compostos por competências de diversas procedências. O que importa ao capital que está apostando num projeto de risco é colocar a seu serviço a melhor competência, não importando muito onde ela esteja. Tanto as empresas como as instituições de pesquisa, no Brasil, têm competência para mostrar, mas é preciso que isso seja apresentado de forma objetiva, o que se conquista com a excelência do trabalho científico e tecnológico, sim — mas também, e principalmente, com uma gestão tecnológica e institucional dirigida para esse fim.

O caráter cumulativo da capacitação técnico-científica interna — especialmente em engenharia genética — revela a importância do aprendizado das novas técnicas biotecnológicas, e coloca o país em uma situação cada vez mais difícil para acompanhar a evolução da biotecnologia em nível mundial (SALLES-FILHO e BONACELLI, 1995). Por sua vez, a questão do financiamento é decisiva para a multiplicação do investimento nessa área. E não é qualquer fonte de financiamento que permite às empresas sustentar projetos de médio a longo prazo de maturação. Não se espera que o Brasil desenvolva, da noite para o dia, um mercado de ações que dê atenção a empresas de alta tecnologia, ou mesmo que o capital de risco prolifere a ponto de prover as necessidades dos empresários. Claro que é preciso que o país desenvolva essa vertente financeira (até por uma questão de competitividade futura, e não apenas da biotecnologia), mas, enquanto isso engatinha, é preciso recorrer a outras formas de financiamento.

Por fim, faz-se interessante a discussão dos elementos conceituais e metodológicos que podem auxiliar nas análises

sobre o contexto de desenvolvimento da moderna biotecnologia. A concepção da Triple Helix, por exemplo, como programa de pesquisa, precisa, necessariamente, do auxílio metodológico das noções de sistemas de inovação (FREEMAN, 1988, NELSON, 1993) e de redes (especialmente das redes técnico-econômicas — CALLON, 1994). Em primeiro lugar, porque dentro das três espirais que compõem a Triple Helix há uma heterogeneidade de atores que, para serem percebidos e incorporados no âmbito das análises e das políticas, requerem um detalhamento que aquela noção mais geral não comporta.⁹ Em segundo lugar, há atores fundamentais ligados aos processos de inovação que não estão teoricamente incorporados ao conceito de Triple Helix, como, por exemplo, o sistema de financiamento, que, como vimos, é um dos pilares de sustentação do desenvolvimento da moderna biotecnologia. Assim, tanto sistemas de inovação como redes, por tratarem de forma sistêmica e detalhada a análise do processo inovativo, são noções que permitem uma melhor compreensão da presente dinâmica da inovação tecnológica.

Bibliografia

- BARLEY, S., FREEMAN, J., HYBELS, R. Strategic alliances in commercial biotechnology. In: NOHRIA, N., ECCLES, R. (Org.). *Networks and organizations: structure, form and action*. Boston, Massachusetts: Harvard Business School, 1993. p. 311-47.
- BIALY, H. Cyted-BT: an international biotechnology network that works. *Nature Biotechnology*, New York, v. 16, set. 1998.

9. Por exemplo, o que na Triple Helix se chama de “indústria” é na verdade um conjunto extremamente heterogêneo — grandes corporações, pequenas e médias empresas, firmas especializadas, serviços tecnológicos (supondo que serviços entrem na espiral “indústria”). Indo além, tampouco “governo” e “universidade” — neste caso, menos — são atores agregáveis em níveis tão gerais.

- BIODIVERSIDADE em xeque. *Folha de S.Paulo*, 15 out. 1997.
- BIOTECNOLOGIA busca futuro sem rejeições. *Folha de S.Paulo*, 20 mar. 1999.
- BONACELLI, M. B. *Dynamiques concurrentielles et particularités nationales dans le cas de la biotechnologie*. Tese de doutorado — Université des Sciences Sociales, Toulouse, França, 1996. 420 p.
- _____, SALLES-FILHO, S. L. M. *As especificidades no processo de mudança tecnológica: uma análise aplicada ao caso da biotecnologia*. Anpec, Encontro Nacional de Economia, Águas de Lindoya/SP, dezembro de 1996.
- BURRILL & CO. *Biotech 99: bridging the gap – an overview of our annual report*. San Francisco: Ernst & Young, 1999.
- BURRILL, G. S., LEE JR., K. B. *Biotech 94: long-term value, short-term hurdles*. San Francisco: Ernst & Young, 1993.
- _____. *Biotech 93: accelerating commercialization*. San Francisco: Ernst & Young, 1992.
- CALLON, M. L'innovation technologique et ses mythes. *Gérer et comprendre, Annales de l'Ecole de Mines, CSI/CNRS*, França, mar. 1994, p. 5-17.
- COMPETÊNCIA exportada para os EUA. *Revista Fapesp*, São Paulo, n. 52, abr. 2000.
- COUTINHO, L., FERRAZ, J. C. *Estudo da competitividade da indústria brasileira*. Campinas: Unicamp/Papirus, 1994.
- DAHLMAN, C., FRISCHTACK, C. National systems supporting technical advance in industry: the brazilian experience. In: NELSON, R. R. (Org.). *National innovation systems: a comparative analysis*. New York, Oxford: Oxford University Press, 1993.
- DOSI, G. *Technical change and industrial transformation: the theory and an application to the semiconductor industry*. London: MacMillan, 1984.
- EMPRESAS de biotecnologia impõem regras à agricultura. *O Estado de S. Paulo*, 15 jul. 1999.
- ETZKOWITZ, H., LEYDESDORFF, L. A triple helix of university-industry-government relations. *Industry & Higher Education*, USA, ago. 1998, p. 197-201.

- FERRAZ, J. C. et al. (Org.) *Made in Brazil*. Rio de Janeiro: Campus, 1995.
- FREEMAN, C. Japan, a new system of innovation. In: DOSI, G. et al. *Technical change and economic theory*. London: Pinter Publishers, 1988.
- _____. *La teoría económica de la innovación industrial*. Penguin Alianza, 1975.
- GENOMA da cana acaba em agosto. *Folha de S. Paulo*, 02 abr. 2000.
- HUGE potential for Brazil's soyabean output. *Agra Europe*, London, 30 jan. 1998.
- LEYDESDORFF, L., ETZKOWITZ, H. The triple helix as a model for innovation studies. *Science and Public Policy*, England, jun. 1998, p. 195-203.
- MELLO, D. *Análise de processos de reorganização de institutos públicos de pesquisa do estado de São Paulo*. Tese de doutorado — Departamento de Política Científica e Tecnológica (DPCT/IG), Unicamp, 2000.
- MONSANTO perde certificado de qualidade. *Folha de S. Paulo*, 13 jul. 2000.
- MOWERY, D. Collaborative ventures between U.S. and foreign manufacturing firms: an overview. In: MOWERY, D. (Org.). *International collaborative ventures in US manufacturing*. Cambridge, MA: Ballinger Publishers, 1988.
- NATURE BIOTECHNOLOGY, New York, vários números.
- NELSON, R. R. (Org.) *National innovation systems: a comparative analysis*. New York: Oxford University Press, 1993.
- _____, WINTER, S. *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1982.
- NOVOS medicamentos das matas. *Revista Fapesp*, São Paulo, n. 51, mar. 2000.
- PISANO, G. P. The governance of innovation: vertical integration and collaborative arrangements in the biotechnology industry. *Research Policy*, England, v. 20, p. 237-249, 1991.
- _____, SHAN, W., TEECE, D.J. Joint venture and collaboration in the biotechnology industry. In: MOWERY, D. (Org.) *International collaborative ventures in US manufacturing*. Cambridge, MA: Ballinger Publishers, 1988. p. 183-222.

- RECHERCHE coopérative, concurrence ou collaboracion? *Biofutur*, Elsevier, France, maio 1995.
- REVISTA *Globo Rural*, jun. 1999.
- ROBERTSON, P. L., LANGLOIS, R. N. Innovation, networks and vertical integration. *Research Policy*, England, v. 24, p. 543-63, 1995.
- ROSENBERG, N. Why do firms do basic research with their own money? *Research Policy*, England, v. 19, n. 2, p.165-174, 1990.
- SALLES-FILHO, S., BONACELLI, M. B. M. Capacité technologique et investissements privés dans la biotechnologie agricole au Brésil. In: *Les sciences hors d'Occident au XXème siècle* (Série sous la direction de R. Waast). Paris: Orstom Editions, v. 3, Nature Environnement, p. 299-317, 1995.
- SALLES-FILHO, S., KAGEYAMA A. A reforma do IAC: um estudo de reorganização institucional. *Revista de Administração Pública*, Rio de Janeiro: FGV, 32 (03), p.159-178, 1998.
- TEECE, D. Profiting from technological innovation: implications for integration, collaboration, licensing and public policy. *Research Policy*, England, 15 (6), p. 285-305, 1986.
- UMA retrobiotecnologia de vanguarda. *Gazeta Mercantil*, 30 jul. 99.
- WILLIAMSON, O. *The economic institutions of capitalism*. New York: Free Press, 1985.
- XYLELLA – concluído o genoma da bactéria. *Revista Fapesp*, São Paulo, n. 50, jan./fev. 2000.

Resumo

O artigo identifica os agentes participantes do processo inovativo, enfocando, inclusive, suas formas de interação (como alianças estratégicas e consórcios).

Analisa-se o papel que as empresas possuem no desenvolvimento da biotecnologia, por meio da organização da pesquisa, do investimento e da formação das redes de inovação.

Sustenta-se que a promoção da biotecnologia no Brasil (e em outros países da América Latina) passa pela criação de uma base de capacitação atualizada e objetiva, e por políticas que orientem o aprendizado, o investimento e o financiamento, compartilhados por intermédio da organização e manutenção de redes nas quais interajam os vários agentes que compõem os sistemas de inovação.