

# Biotecnologia: corporações, financiamento da inovação e novas formas organizacionais<sup>1</sup>

---

*José Maria F. J. da Silveira<sup>2</sup>*

*Ana Maria Futino<sup>3</sup>*

*Alícia Ruiz Olalde<sup>4</sup>*

## **Resumo**

A emergência da biotecnologia desde os anos 1970 não pode ser tratada de forma convencional e linear, como nos enfoques em que a uma descoberta científica se segue à busca de inovações. A presença de fenômenos de retroalimentação é importante, envolvendo líderes setoriais e empresas especializadas em biotecnologia. Novos protocolos e formas de procedimento dão vazão ao surgimento de novas formas de redes entre diferentes tipos de agentes em biotecnologia que juntos representam maneiras complexas de articular capacitação e capacidade de produzir para o mercado. Este trabalho busca indicar alguns elementos de uma análise alternativa relacionada às atividades que envolvem o que hoje chamamos de indústria de biotecnologia. Ele está organizado em torno das seguintes questões: a) Algumas considerações de ordem teórica visando o melhor entendimento das questões relacionadas a essa nova indústria; b) Uma breve descrição do funcionamento da indústria farmacêutica, principalmente em seus esforços para controlar os atributos da biotecnologia; c) Um tratamento sobre as questões financeiras envolvendo a biotecnologia, principalmente no que tange ao financiamento de empresas em países em desenvolvimento.

**Palavras-chave:** Biotecnologia; Indústria farmacêutica; Capital de risco.

## **Abstract**

The emergence of biotechnology since the second half of the 1970's definitely cannot be treated in a conventional and linear way, in which a scientific discovery is followed by the upsurge of differentiated biotech products. Biotechnological activities suppose now the development of important class of *feed-backs* between the productive sector (pharmaceutical and agribusiness, for example) and specialised firms. Using advanced biotech procedures and protocols these firms give rise to a new class of network amongst different sectors and industries. Together they represent a complex combination expertise, capabilities and proficiency. This paper seeks to indicate some elements of an alternative analysis that values some important characteristics of the activities surrounding biotechnological activities, principally the so-called biotechnology industry. It will be organised in terms of the following issues: a) Some considerations about different theoretical approaches in order to define and understand how biotechnology is evolving in a new industry;

---

(1) Para a realização do presente texto destacamos: a contribuição de Thais G. Ogata (graduanda em Economia) e aos economistas Thiago Correia e Juliana N. Pereira pelo apoio no tratamento dos dados e na pesquisa de fontes de informação; as sugestões críticas de um parecerista anônimo; os comentários do graduando em economia Marcelo Melo. Os erros são de nossa inteira responsabilidade.

(2) Professor Assistente Doutor do Instituto de Economia da Unicamp. E-mail: <jmsilv@eco.unicamp.br>.

(3) Pesquisadora do Instituto Agrônomo de Campinas e Doutoranda do Instituto de Economia da Unicamp.

(4) Professora Doutora da UFBA – Faculdade de Ciências Agrárias, Cruz das Almas, BA.

b) A brief description about pharmaceutical industry's view on biotechnology, mostly their efforts to manage innovation technology; c) A brief reflection upon the new financial institutions that have been representing solutions to the problem of funding biotechnology activities and firms in underdeveloped countries.

**Key words:** Biotechnology; Pharmaceutical industry; Venture capital.  
**JEL L 65.**

## **Introdução**

A evolução da biotecnologia desde a segunda metade dos anos 1970, quando as possibilidades de manipulação gênica foram ampliadas pelas técnicas de DNA recombinante e de anticorpos monoclonais, foi caracterizada por uma multiplicação de descobertas e possibilidades científicas e tecnológicas em escala geométrica. Paralelamente, as ilusões quanto ao surgimento de uma “nova indústria” foram sendo desfeitas.

A biotecnologia é entendida como o conjunto de tecnologias associadas à manipulação de seres vivos com o objetivo de obtenção de novos produtos, novos processos e também de novos serviços (por exemplo, serviços médicos). A organização de um amplo conjunto de atividades situadas no âmbito do que se conhece por biotecnologia, por seu turno, cria novas demandas de produtos (equipamentos voltados para a biotecnologia, como “bombardeadores de genes”) e, principalmente, de serviços (o mais notável, a bioinformática). Trabalhamos com a idéia de que existe uma biotecnologia moderna, que transcende os métodos tradicionais de manipulação de organismos vivos, como o melhoramento genético e os processos fermentativos. Do ponto de vista deste texto, a biotecnologia moderna gera também desafios novos para seu tratamento teórico.

Apesar de não se constituir em uma indústria e sim em um conjunto de atividades tecnológicas de base biológica inseridas em diferentes tipos de indústria, foi-se fortalecendo, principalmente nos últimos cinco anos, a percepção de que uma indústria de insumos e equipamentos para biotecnologia está sendo criada e que parte da demanda desse setor depende da continuidade das atividades científicas, como aquelas do Projeto Genoma (Silveira, 1993; Fonseca et al. 1999 e Silveira, Fonseca & Dal Poz, 2001).

A dependência da biotecnologia com a continuidade das atividades científicas reforça a percepção de que a procura de estreitamento de sua base de investigação em torno da exploração das oportunidades tecnológicas que pareçam mais rentáveis é uma opção de elevado risco em um horizonte de mais longo prazo e que vise a dar às empresas envolvidas uma posição de destaque nos futuros mercados que estão sendo readaptados, transformados e criados (como o mercado de informação pelo uso da bioinformática).

O presente trabalho tem como objetivo apresentar alguns elementos explicativos da relação entre a biotecnologia ligada à ação das grandes empresas setorialmente especializadas e aquela que surge das empresas inovadoras em biotecnologia, tratando da emergência de novas rotinas de busca, dos novos arranjos produtivos (que envolvem a formação de redes como forma mais avançada de realização de pesquisa), do surgimento de novas formas de financiamento à pesquisa e de suporte à emergência de firmas inovadoras. Trata-se de um texto voltado basicamente para a apresentação dessas questões e a busca de um nexo entre elas.

A hipótese básica do trabalho é que existe uma relação estreita entre esses diferentes arranjos e que isso impõe uma simultaneidade nas decisões, da tecnológica à formulação de expectativas pelos distintos agentes que tomam decisões sobre o uso de recursos. Optamos por trazer algumas evidências da curta história de experiências da biotecnologia, contribuindo para futuras análises sobre os nexos que interligam as decisões de investimento produtivo às formas de financiamento da produção e da pesquisa.

A idéia do texto é também fornecer elementos para discutir dois pontos bastante difundidos em relação ao processo inovativo no período atual:

- a) a hipótese de que a pesquisa *in house* nas grandes corporações será a predominante uma vez superada a fase pré-paradigmática da biotecnologia;
- b) a idéia de que a forma de organização do financiamento da biotecnologia baseado no mercado de capital de risco seria a única adequada às características do processo inovativo em questão.

Reafirmamos que essas são questões extremamente complexas e que só serão clarificadas ao longo de uma série de estudos. O objetivo do texto é afirmar que existe um nexo entre elas, ainda que instável, e que dele emergem questões que contribuem decisivamente para avançar o tratamento a ser dado aos processos de inovação da biotecnologia.

Metodologicamente, o trabalho procura evidenciar o nexo entre estruturas distintas de condução dos negócios da biotecnologia: a) a grande corporação setorialmente especializada, que atua de forma global e que financia sua própria pesquisa, tomando como referência as empresas produtoras de fármacos; e b) as empresas inovadoras, cujo ciclo de vida depende de forma crucial de arranjos institucionais que articulam financiamento público e privado.

Essa coexistência cria desafios, uma vez que as pequenas empresas de base tecnológica cumprem um papel crucial para o avanço da biotecnologia. Até que ponto a situação atual cria novas oportunidades para elas ou constitui uma tendência à sua apropriação pela grande corporação de inovações? Qual seria a capacidade desse tipo de organização em dar continuidade ao ritmo inovativo da biotecnologia e agir como dinamizadora da criação de novos mercados? Pode-se ter como certo que o padrão dos Estados Unidos irá difundir-se e criar um novo

tipo de governança para gestão e financiamento da biotecnologia? O texto apenas toma algumas evidências empíricas e as analisa à luz de enfoques teóricos que vêm sendo construídos paralelamente à emergência dessas novas formas organizacionais.

A hipótese de afirmação de que o modelo tradicional de desenvolvimento biotecnológico em torno de grandes corporações não seria o único (talvez nem sequer o dominante) recebeu recentemente vários reforços: a) as oportunidades tecnológicas criadas pela genômica e proteômica; b) as dificuldades em afirmar padrões contratuais que garantam a apropriabilidade da comercialização de produtos derivados do uso da biotecnologia; c) a noção crescente de que filtros tecnológicos devam ser aplicados, não apenas do ponto de vista da biossegurança, mas também do ponto de vista da preservação de formas descentralizadas de inovar. Visando a um maior foco no artigo, deixaremos de lado essas questões, restringindo-o à discussão entre corporações, novas firmas inovadoras, formas de financiamento e o enfoque de redes.

## **1 Questões envolvendo a biotecnologia**

### **1.1 Elementos básicos do quadro teórico: trajetórias e redes**

Os desenvolvimentos teóricos em economia em parte são estimulados pelas características do objeto de estudo. O recurso a fatos estilizados é bastante útil para captar o essencial das transformações que ocorrem de forma confusa e complexa na realidade. Grande parte da teoria evolucionista, principalmente de corte *neo-schumpeteriano*, voltada para explicar os processos de inovação e seus impactos na economia moderna ocupou-se em explicar a forma de inserção das trajetórias tecnológicas nos processos concorrenciais e seus desdobramentos dinâmicos. Acompanhando as transformações das indústrias que foram o “carro-chefe” do desenvolvimento das economias nos últimos 50 anos, incluindo os avanços da indústria eletroeletrônica, esses enfoques ocuparam-se fundamentalmente da relação entre estrutura, firmas e processo competitivo.

Firma e estrutura, desde os trabalhos de Nelson & Winter (1982) e Dosi (1982), entre outros de destaque, passaram a ter suas transformações explicadas em parte pelas estratégias de inovação. Por outro lado, a aprendizagem associada às atividades inovativas foi deixando de ser encarada como um fenômeno apenas individual, pois a crescente complexidade da inovação passou a exigir um processo coletivo e interativo, incluindo vários indivíduos e organizações, mesmo reconhecendo, como observam Joly & Mangematin (1995: 25), que na maior parte da bibliografia sobre esse assunto a passagem do interpessoal para o interempresarial é uma questão em aberto.

Vários trabalhos observaram a biotecnologia do ponto de vista de uma perspectiva evolucionista, como Orsenigo (1988), Ruiz, Futino & Silveira (2000) e Fonseca et al. (1999). Outros analisaram seu impacto setorial, como Nightingale (1999), e também trataram de temas específicos, como aqueles envolvendo direitos de propriedade e biossegurança, como Carvalho & Pessanha (2001). As alianças entre corporações e de corporações com pequenas empresas é apresentada em Hagedoorn (1992). A diversidade de enfoques teóricos, todos situados dentro do campo da visão, diríamos, *schumpeteriana*, com desdobramentos na Nova Economia Institucional (NEI), nos permite observar os seguintes pontos:

a) Apesar de consolidada, a visão *neo-schumpeteriana* – que se centra na articulação entre firma, processo concorrencial e inovação – é limitada por não dar ênfase ao aspecto crucial representado pela organização das formas de financiamento. Apesar de rigorosas do ponto de vista formal e também convergentes, as distintas versões de articulação micro-macro que incorporam aspectos do financiamento das atividades inovadoras não são pertinentes ao que ocorre em biotecnologia, sendo, pois, uma área a ser explorada;

b) O tratamento empírico da ocorrência de alianças baseadas em acordos pré-competitivos necessita de um arcabouço teórico mais sólido do que a sistematização de resultados de percepção dos agentes e análise de estratégias de firmas líderes. Trata-se de pensar até que ponto esses acordos ocorrem com base em novas formas de articular pesquisa, desenvolvimento, produção e financiamento, mantidos os três atributos fundamentais do processo concorrencial, a saber, explorar oportunidades tecnológicas, criar condições de apropriabilidade e aproveitar a cumulatividade dos resultados obtidos;

c) As economias de custo de transação e os arranjos institucionais cumprem um papel de destaque nas análises da evolução da biotecnologia. Nosso argumento é que na biotecnologia as formas organizacionais cumprem um papel privilegiado não só no que tange aos aspectos relacionados à difusão e utilização dos processos inovadores em indústrias e setores preexistentes, mas na própria organização da pesquisa, nas decisões sobre o que investir e onde, dado um leque muito amplo de oportunidades tecnológicas que vão se desdobrando à medida que novas descobertas (não necessariamente inovações) vão sendo feitas.

Este último ponto não passa despercebido aos analistas na atualidade. Já foram feitos estudos importantes com base em bancos de dados como o <[www.recap.org](http://www.recap.org)> que analisam as relações entre empresas e os custos de transação que delas emergem, como o trabalho de Meyers & Nickerson (1997) e Pisano (1997). Esses trabalhos utilizam diferentes enfoques associados às teorias microeconômicas e das organizações, o que constitui um debate muito rico, com diferenças significativas entre as perspectivas adotadas. Todavia, essa multiplicidade de enfoques evidencia as dificuldades tanto teóricas quanto práticas no enfoque da biotecnologia, que trataremos ao final do artigo.

Em resumo, a análise da biotecnologia requer o desenvolvimento de novos instrumentos de análise dos setores *science based*, que complementam conceitos já consagrados, como o conceito de trajetória tecnológica. A nosso ver, diferentes enfoques da moderna microeconomia podem ser articulados e ampliados, no sentido de envolver o enfoque de “redes” (que se sustenta principalmente dos estudos empíricos, de caráter sociológico e até antropológicos), para que se ganhe uma dimensão institucional mais ampla, que transcenda as formas convencionais de avaliar investimentos na economia ou simular efeitos de decisões tecnológicas sobre as trajetórias.

Isso não implica abdicar da relevante contribuição dada pela corrente *neo-schumpeteriana* ao entendimento dos processos inovativos no século XX, mas mostrar como a biotecnologia não se constitui apenas numa “nova trajetória” que substitui a anterior (o que até pode vir a ocorrer), mas na emergência de formas mais complexas de interpenetração do conhecimento científico e tecnológico, envolvendo novos conhecimentos, novas formas de organização e a construção de mecanismos adequados de apropriabilidade. Apesar de inserir-se de variadas formas e graus no processo competitivo por inovação, a biotecnologia também apresenta um potencial de destruição criadora que é atenuado por sua captura pelas indústrias já constituídas e tecnologicamente maduras.

Uma outra forma de compreender a questão, complementar à anterior, é através do conceito de “capacitações dinâmicas” proposto por Teece & Pisano (1994: 538), a partir da constatação de que “os ganhadores no mercado global têm demonstrado rápidas respostas e inovações de produto flexíveis, somando à capacidade de gestão uma efetiva capacidade de coordenar e redesenhar. as competências internas e externas”.

Além da “capacitação” para gerir e desenvolver os próprios recursos, presente também no *resource-based approach*, a organização precisa desenvolver sua capacitação “transacional” para se relacionar com um ambiente mutável e ser capaz de redesenhar suas capacitações e articulá-las às capacitações de outras organizações. De acordo com Christensen (1994: 1735), “as capacitações dinâmicas proporcionam a base para as vantagens competitivas no longo prazo ao promover a inovação e criar novas rotinas e, em último caso, novas capacitações que levam a construir novas opções comerciais para a firma”. Todavia, criar capacitação é parte do problema e não solução, uma vez que fica cada vez mais claro que as formas tradicionais de capacitação, isoladas de programas mais amplos de inovação e das estratégias das empresas, estão fadadas ao desperdício.

Isso introduz um outro elemento: nos enfoques citados, há também a aceitação crescente da importância e do papel diferenciado das atividades científicas e das instituições acadêmicas, questionando o modelo linear, segundo o qual a inovação se deriva principalmente da aplicação de descobertas científicas. Na combinação das dinâmicas concorrenciais que incorporam o processo de

inovação e da evolução e aplicação do conhecimento científico, os modelos de tipo interativo, como o proposto por Kline & Rosenberg (1986), ganham relevo ao destacar o papel dos *feedbacks signals* entre as diversas fases e agentes que fazem parte do processo. Assim, foi ficando claro que muitas atividades inovativas exigem um permanente diálogo entre a comunidade científica e a comunidade tecnológica, incluindo seus diversos segmentos e organizações públicas e privadas.<sup>5</sup> Nessa interação ocorreria um processo de aprendizagem interorganizacional, associada ao que Lundvall (1988) define como *learning by interacting*. A idéia de que exista algo como uma “comunidade da inovação” é apontada por alguns autores, como Lynn (1996), na ótica da sociologia da ciência.

O ponto fundamental é que a biotecnologia se presta de forma muito apropriada para a ilustração empírica dessa “percepção teórica”. Silveira, Fonseca & Dal Poz (2001) mostram que tentativas de apoiar as empresas no uso de biotecnologias de ponta estão sempre a requerer novas investigações e novas formas de suporte científico e que as formas de organização para incentivo da utilização de biotecnologia pelas empresas não podem estar desvinculadas do que o estudo chamou de instituições-chave, instituições que fazem a ponte permanente entre conhecimento científico e desenvolvimento tecnológico, em um processo incessante de comunicação e de co-evolução.<sup>6</sup>

É nesse ponto que entram os enfoques baseados no conceito de “redes”. Alguns autores de destaque nessa área se originam da área de sociologia do conhecimento, cuja atividade empírica consiste em analisar o que se passa nos laboratórios de biotecnologia e desvendar códigos e regras de procedimento, abrindo a “caixa-preta” das atividades de pesquisa. A necessidade de troca de informações, da divisão de tarefas no trabalho científico envolvendo equipes de diferentes países e áreas de conhecimento e de estabelecer formas de definição *ex ante* dos termos de contratos sobre resultados esperados da aplicação de direitos de propriedade sobre o uso das inovações biotecnológicas em distintos níveis induziu a literatura a tratar da questão de redes.<sup>7</sup>

---

(5) Uma forma de visualizar este caráter crescentemente cooperativo das atividades científicas e tecnológicas é através da análise da co-autoria nas publicações científicas. Powell et al. (1996) citam o caso de um artigo publicado pela revista *Nature*, em 1995, onde é proposto um modelo animal para estudar o mal de Alzheimer, onde são citados 34 co-autores pertencentes a duas empresas especializadas em biotecnologia, uma companhia farmacêutica, uma universidade líder, um laboratório público federal e um instituto de pesquisa sem finalidade lucrativa.

(6) Nelson (1993) propõe o termo co-evolução para se referir às mudanças que ocorrem paralelamente nas formas organizacionais, tecnologias e instituições. Embora ainda se conheça muito pouco do ponto de vista teórico desse modelo co-evolucionário, trata-se de uma intuição poderosa com desdobramentos que se aplicam claramente ao caso da biotecnologia. Por exemplo, a co-evolução entre as formas de organização científica e tecnológica e as formas de financiamento que apresentamos no item 3.

(7) A aplicação do conceito de redes em estudos de telecomunicações também ilustra como a natureza do objeto induz os desenvolvimentos teóricos. Cabe apontar que a literatura de redes, nessa área, está mais voltada para aspectos da regulação e menos para os aspectos da cooperação. Ver Powell et al. (1996).

O enfoque de rede em biotecnologia surge dos estudos que verificam um crescente interesse nos acordos de cooperação entre firmas e entre as firmas e a comunidade acadêmica. Entre os fatores que explicam a multiplicação desses acordos, citam-se os crescentes custos de P&D, a aceleração do ritmo de inovação e o alto risco associado às atividades inovativas (Silveira, 1993, trata do caso específico da biotecnologia).

Apesar dos determinantes de ordem econômica, a análise desses acordos exige uma convergência do instrumental derivado da economia e da sociologia da inovação. Na tradição da economia industrial, o que se entende por “rede” são os acordos de cooperação entre empresas, isto é, formas de coordenação “híbridas”, diferentes do “mercado” e da “hierarquia”. Por outro lado, de acordo com a sociologia das organizações, toda organização já é uma “rede”.

Joly & Mangematin (1995) apontam como virtude desta última abordagem romper com a tradição de análise econômica centrada na firma, caracterizando as “redes” como unidade de análise. Para esses autores, os dois tipos de abordagens não são excludentes, propondo que se tome como nexos o conceito de “recursos dependentes”. Num ambiente turbulento, as organizações podem desenvolver relações estáveis que lhes facilitem o acesso a recursos estratégicos.

Bell & Callon (1994) argumentam que a análise das “redes” pode ser uma ferramenta poderosa para tratar sistemas complexos, como os que caracterizam o desenvolvimento da biotecnologia. No caso da inovação tecnológica, seria possível analisar os mecanismos que tornam esse processo possível, caracterizando os atores, sua posição relativa, seus interesses e mecanismos de comunicação. Além dos acordos formalizados (como as colaborações em P&D entre universidade e empresa ou entre firmas), é importante identificar os mecanismos informais de coordenação. Assim, por exemplo, a vinculação das universidades com as firmas pode ocorrer através das relações dos técnicos com suas universidades de origem, que lhes permitem acesso privilegiado às pesquisas científicas, pela realização de estágios e teses de doutoramento.

A aprendizagem interativa entre os diversos atores permite que a comunicação efetiva se estabeleça. Assim, a maior parte das relações entre os parceiros requer um prazo relativamente longo para se estabelecer. Em geral, envolvem o desenvolvimento de códigos específicos de relacionamento e de relações de confiança.

Callon (1995) incorpora a “rede” científica e o sistema econômico no que ele denomina “rede técnico-econômica”. Ao lado do mercado se desenvolveria uma “meta-organização” que corresponde à rede técnico-econômica. Nesse enfoque, a unidade de análise não é a organização, mas um sistema de relações coordenadas entre essas relações e agentes. Os diferentes agentes que participam da “rede” podem ter objetivos, projetos e interesses heterogêneos e até

contraditórios. Alguns querem adquirir notoriedade científica, outros aumentar sua participação no mercado, mas existe uma coordenação entre os mesmos (ou pelo menos deveria existir) para a produção e difusão de novas tecnologias. Os vínculos entre esses agentes podem ser caracterizados através da oferta e demanda de “intermediários”, mas, na maior parte dos casos, esses vínculos não podem ser reduzidos a relações mercantis.

Silveira, Fonseca & Dal Poz (2001) mostram o caso de pequenas firmas produtoras de mudas de flores cujo principal fator competitivo, as variedades com algum grau de diferenciação dos tipos mais comuns, requer o estabelecimento de formas de cooperação com universidades, que envolvem formas específicas de financiamento da mão-de-obra qualificada. Argumentam os gerentes dessas empresas que elas são muito pequenas para arcar com o pagamento desses recursos humanos altamente qualificados e que a contrapartida por eles dada aos financiadores é um tipo de capacitação que não pode ser dado por universidades ou programas de extensão.

É relevante considerar que a heterogeneidade dos agentes que participam do processo inovativo pode levar a problemas de “tradução” na circulação desses “intermediários”, contudo, é essa mesma heterogeneidade que dá maior força ao sistema pelo efeito de complementação. McKelvey (1997), analisando o caso da biotecnologia, sugere a existência de quatro “ambientes de seleção”: técnico-econômico; científico-econômico (estaria incluída nesta categoria a maior parte das pequenas empresas especializadas em biotecnologia próximas às universidades); básico-científico (instituições acadêmicas propriamente) e tecnogovernamental (programas de governo).

Neste último ambiente, o critério de seleção que prevalece, em geral, é o fornecimento de “bens públicos”. No ambiente básico-científico, por exemplo, os critérios de seleção seriam os tradicionalmente reconhecidos, como novidade, criatividade e contribuição ao conhecimento. No caso do ambiente técnico-econômico, os critérios de seleção estariam fundamentados nos possíveis resultados de mercado. O ambiente científico-econômico seria híbrido, uma vez que os pesquisadores de alto nível envolvidos nesses empreendimentos teriam, além da preocupação em atingir resultados econômicos, que manter a notoriedade científica que também se constitui num fator essencial para a valorização dos ativos desse tipo de empresa. A força das “redes convergentes” está exatamente na efetiva exploração das interfaces desses ambientes heterogêneos e no estabelecimento de mecanismos efetivos de *feedback* entre eles.

A análise sistêmica fornece também uma poderosa ferramenta para a formulação e avaliação de políticas públicas. As políticas podem criar novas “redes” ou melhorar a qualidade dos elos das já existentes. Alguns programas cooperativos da Comunidade Econômica Européia (Espirit, Race, Brite) estimularam esse tipo de arranjo organizacional. O trabalho de Guedes (1998), que

aplica empiricamente esse instrumental ao estudo das redes em biotecnologia, deixa muito claros, ainda que não intencionalmente, os riscos impostos por esse tipo de análise:

a) A constituição das redes exige um cuidadoso levantamento dos acordos de cooperação e do uso de um instrumental analítico para a ponderação da importância relativa dos nós e dos elos envolvidos. O resultado é contingente ao tipo de algoritmo utilizado e à composição dos agentes envolvidos nas redes;

b) A instabilidade é uma característica inerente às redes. Uma análise do trabalho de Guedes (1998) permite observar que boa parte das redes identificadas no trabalho não mais existe ou envolve outros agentes;

c) Isso sugere que políticas de incentivo à formação de redes não devem envolver requerimentos quanto à sua estabilidade, uma vez que o papel da rede é justamente viabilizar formas flexíveis de cooperação;

d) A flexibilidade é um atributo que deve ser preservado, uma vez que redes de cooperação científica – como a rede ONSA, do Genoma-Fapesp – não necessariamente engendram formas correlatas de redes empresariais.

O panorama teórico que apresentamos não se aplica integralmente à discussão que se segue, uma vez que vamos enfatizar os aspectos mais atinentes à realidade recente do desenvolvimento da biotecnologia. Isso não impede que tenhamos em mente o fato de que a biotecnologia, ao demandar simultaneidade de decisões referentes à escolha tecnológica, à articulação produtiva e a formas diferenciadas de financiamento (inclusive do setor público), é um ótimo objeto de aplicação de novos enfoques teóricos.

O item seguinte trata de uma indústria cujas empresas mantêm um elevado esforço em P&D, atividade incorporada em suas rotinas empresariais, combinadas à busca de construção de mecanismos de apropriabilidade, o que leva, inclusive, à mudança institucional. São empresas tipicamente *schumpeterianas* no sentido de que sua ação inovativa é um dos componentes fundamentais do delineamento de trajetórias tecnológicas. Todavia, dependem das pequenas empresas biotecnológicas na ampliação do espaço de oportunidades tecnológicas. Esse é um elemento adicional, fonte de novas oportunidades de lucro que dependem da criação de novas funções nas empresas, visando a monitorar as oportunidades criadas e a criar formas de articulação envolvendo outras empresas e instituições públicas. Esse segundo ponto será tratado no item 3, quando discutirmos as formas de financiamento.

## **2 A biotecnologia e o processo inovativo na indústria farmacêutica**

O objetivo deste item é mostrar o peso das características setoriais no desenvolvimento da biotecnologia. Procura mostrar os distintos elementos que se articulam nesse processo: a) o componente de continuidade, representado pela

complementaridade entre as rotinas inovadoras das indústrias do setor e as novas exigências criadas pela biotecnologia; b) um componente de ruptura, representado pela busca de novos produtos, em um processo de destruição criadora; c) um componente de expansão de mercados, para além dos limites determinados pelas estratégias corporativas, envolvendo tecnologias com forte caráter de bem público e de impacto socialmente desejável.

Começamos explicando o porquê de escolher o setor de produção de fármacos (que chamamos um pouco imprecisamente de farmacêutico). Na verdade, dois setores são fortemente impactados pela biotecnologia moderna: saúde humana e agricultura. Os usos da biotecnologia são potencialmente muito amplos, como na biometalurgia, despoluição ambiental e até mesmo na utilização de *biochips* para a armazenagem de certos tipos de informação. Entretanto, nada se compara aos impactos da biotecnologia nas duas áreas citadas anteriormente e a razão é simples:

a) São setores em que a incorporação de inovações é um elemento da competição, principalmente a inovação em produtos;

b) Os produtos inovadores atuam em processos biológicos, com interação ambiental no caso da agricultura e com o hospedeiro da doença no caso da saúde (e também no caso de saúde animal), o que determina a presença de um componente aleatório nos resultados obtidos;

c) As trajetórias tecnológicas de expansão das indústrias que atuam nesses setores mostraram progressivamente sinais de esgotamento, revelado na elevação dos custos de descobertas de produtos novos.

## **2.1 A trajetória tecnológica de fármacos e os novos requerimentos derivados da biotecnologia**

Apresentaremos a seguir os componentes básicos da trajetória tecnológica da indústria de fármacos e seus pontos de contato com a biotecnologia. As características mencionadas acima, para os dois setores mais importantes, favoreceram a busca de rotinas de inovação baseadas na biotecnologia. Mostraremos que essa “captura” dos conhecimentos de biotecnologia, conquanto respeite a afinidade biológica entre os processos, não pode se dar apenas no contexto das trajetórias tecnológicas que foram sendo delineadas na segunda metade do século XX.

Segundo Silveira (1993), as trajetórias tecnológicas da indústria farmacêutica – caracterizadas pelo lançamento de novos produtos e mecanismos de garantia de apropriabilidade, que envolveram simultaneamente a exploração das oportunidades abertas pela ocorrência de doenças, a rentabilidade determinada pelas características de grupos de consumidores (concorrência monopolística) e a conseqüente seleção de trajetórias mais viáveis (não necessariamente as mais

socialmente desejáveis) – foram se esgotando e isso explica em grande parte o interesse das corporações líderes no desenvolvimento da biotecnologia. Esse interesse, portanto, dá-se motivado, principalmente, pela “corrida antecipada” aos novos mercados que emergirão em um processo *schumpeteriano* de destruição criadora e menos pela “continuidade” dos processos de exploração.

Os requerimentos inovativos são, pois, *schumpeterianos*, uma vez que envolvem não só novas tecnologias, mas novas formas de gerar inovações e, principalmente, novos arranjos institucionais que incluem formas de financiamento. Portanto, o tratamento do “caso da indústria farmacêutica” e da “saúde humana” fornece alguns elementos para o entendimento do porquê da fragilidade do enfoque de trajetórias tecnológicas tomadas a partir do comportamento estratégico das grandes corporações, desenvolvido por Orsenigo (1988) para o caso biotecnologia.

A recente evolução dos procedimentos para gerar novos produtos na indústria farmacêutica foi influenciada pelos altos custos e longos períodos (tipicamente 10 a 12 anos) das técnicas convencionais para obtenção de novos produtos. Rosenberg (1994) propõe que o investimento em novas técnicas de pesquisa e no aperfeiçoamento da instrumentação pode ser tratado como investimento em “bem de capital”, pois melhoraria, em tese, a habilidade das firmas de resolverem problemas tecnológicos complexos e reduzirem o custo para obter soluções. Assim, essas novas técnicas de pesquisa melhorariam o retorno esperado das atividades de P&D.

Os elementos centrais da estilização do processo inovativo na indústria farmacêutica, sua evolução e as evidências de seu esgotamento são explicados de forma bastante satisfatória pelos conceitos derivados de correntes evolucionistas. Nightingale (1999) utiliza o conceito de “tradição tecnológica” para se referir a um conjunto de procedimentos, mais ou menos padronizados, utilizados pelos tecnólogos durante determinado período para solucionar problemas reconhecidos pela sua natureza semelhante. Com o passar do tempo, essas “tradições tecnológicas” começam a ser questionadas pela sua própria incapacidade para resolver certos problemas. Além disso, os avanços no conhecimento científico e na instrumentação abrem novos horizontes para a resolução desses problemas, mudando até a percepção do que sejam problemas de natureza semelhante. É por meio desse processo que as comunidades tecnológicas passam a testar e aperfeiçoar novos procedimentos e as “tradições tecnológicas” evoluem, levando até a redefinição da divisão de tarefas nas atividades de P&D.

No caso dessa indústria, o objetivo do desenvolvimento das técnicas de pesquisa foi diminuir o custo unitário dos novos medicamentos e, para isso, era importante reduzir o número de erros, principalmente os erros nas fases finais, que

representam um maior desperdício de recursos. Nesse caso, o custo de achar a “molécula certa” depende da qualidade do “senso de semelhança”.<sup>8</sup>

Numa primeira fase, os procedimentos da indústria farmacêutica passaram da busca de produtos naturais; isolamento e purificação dos princípios ativos desses produtos naturais até a síntese química. Já em meados do século XIX, as companhias químicas alemãs procuravam reduzir seus custos substituindo a extração de produtos naturais pela obtenção de produtos sintéticos. A inovação clássica obtida de forma pioneira por esse procedimento foi a Aspirina e a empresa Bayer constituiu o primeiro exemplo de internalização das atividades de P&D *in house*. Os avanços na bacteriologia também permitiram um aperfeiçoamento dos procedimentos para a formulação de novos medicamentos.

O isolamento, purificação e síntese modificada foi a chave do processo inovativo na indústria farmacêutica durante um século. Mais recentemente (décadas de 1960 e 1970), avanços na instrumentação (principalmente na cristalografia com raios X) levaram a uma melhor compreensão da estrutura dos alvos dos medicamentos no corpo humano, permitindo uma seleção mais racional do “tipo” de composto a ser testado (*Structural Based Drug Discovery*). Isso representou uma mudança no sentido de pensar os sítios-alvo dos medicamentos no corpo humano não como uma “caixa-preta”, mas reconhecendo suas características essenciais, o que trouxe importantes resultados na área farmacológica.

Contudo, já na década de 1960, havia evidências de que esses “testes aleatórios” apresentavam retornos decrescentes (Nightingale, 1999). As técnicas de *Computer Aided Molecular Discovery* representaram um avanço significativo para a formulação racional de novos compostos. A possibilidade de representação tridimensional e o melhor conhecimento da distribuição de elétrons nesse espaço tridimensional se refletiram num crescente interesse pelos aspectos básicos da química molecular. A compreensão da estrutura molecular passou a ser representada por modelos topológicos que permitiram afinar os alvos dos novos produtos.

O uso dessas tecnologias, afetando as fases de invenção e descoberta da indústria farmacêutica muito mais que as fases de experimentação e de testes

---

(8) A indústria farmacêutica é caracterizada por ter seu ciclo de geração de produtos dividido em fases muito bem definidas. Uma fase inicial é a de inovação e descoberta de novos produtos. A tarefa mais importante dessa fase é a busca de novas moléculas, por meio de técnicas de *screening*, um método experimental e que dá ao incumbente vantagens sobre os entrantes e sobre potenciais concorrentes localizados em universidades e institutos públicos de pesquisa. Trata-se de uma atividade com elevado conhecimento tácito-específico e custos crescentes. As fases que se seguem são de desenvolvimento do produto - uma vez descoberta sua potencialidade, busca-se adaptar o produto aos padrões de eficiência, eficácia e efetividade exigidos para o lançamento de um novo produto. A terceira etapa, a de experimentação, é a mais custosa e implica desde experimentos em laboratórios, com animais, até testes de campo, com seres humanos (ou animais, no caso veterinário). As inovações biotecnológicas afetam principalmente a primeira etapa, de busca de novas moléculas, e um pouco menos a etapa de desenvolvimento de produtos.

(incluindo testes de campo), reduz a incerteza dos processos inovativos, mas requer uma participação de novos agentes, como por exemplo, especialistas em bioinformática, que, em muitos casos, não se encontram nas divisões de P&D do grupo, nem de suas coligadas.

Nos anos 1990, foi a vez da genética molecular entrar em cena, mudando as “tradições tecnológicas” da indústria farmacêutica. Passou a se dar maior atenção aos mecanismos de expressão gênica e sua correlação com o aparecimento de determinadas doenças. Os modelos de reconhecimento passaram a ser elaborados não apenas em termos bioquímicos (presença de determinadas proteínas), mas em termos dos fatores genéticos que explicam o aparecimento dessas moléculas.

O Projeto Genoma Humano e os projetos de seqüenciamento e identificação funcional de genomas que a ele se seguiram foram o reconhecimento de que, para realizar avanços biotecnológicos sólidos, o conhecimento científico disponível nos anos 1980 e início dos 90 era insuficiente e que o grande avanço da biotecnologia deu-se no desenvolvimento de “ferramentas” de análise, como as técnicas de marcadores moleculares (RFLP e PCR, entre outros), biobalística e, mais recentemente, na identificação de sítios de expressão de interesse científico, tecnológico e econômico (os Est's).

O uso de modelos de animais ou microorganismos transgênicos para estudar a expressão gênica traz avanços significativos nessa área. Esses “organismos-modelo” estão longe de ser a solução do problema, uma vez que a expressão gênica é diferenciada entre espécies com diferentes níveis de complexidade, além de haver uma grande dificuldade em estudar doenças de origem multigênica. Todavia, esses “modelos” permitem desenvolver o conhecimento tácito que será utilizado para a formulação de novas terapias humanas. Essa ferramenta está mudando a forma de conceber as doenças e as soluções propostas para seu tratamento, embora essa transformação esteja apenas começando. Reforçando a hipótese deste trabalho, da fragilidade do conceito de trajetórias tecnológicas quando aplicado a situações como as criadas pela emergência da biotecnologia, no que tange a genômica, transcriptômica e proteômica, ainda se vive uma fase inicial, em que os resultados concentram-se nos diagnósticos, uma vez que a efetiva apropriação do conhecimento aportado pelos Projetos Genoma, como a formulação de terapias gênicas, é ainda incipiente.

## **2.2 Impactos organizacionais da biotecnologia nos grupos setorialmente especializados**

Os dados que se referem ao impacto da biotecnologia no setor farmacêutico ainda não são impressionantes, não revelam que ela tenha causado uma profunda reorganização setorial. Estima-se (<[www.bio.org](http://www.bio.org)>) que cerca de

350 produtos estão na fase de testes e suas áreas de alcance estão fora do *mainstream* da indústria. Câncer, Aids, vacinas, diabetes, artrites e problemas relacionados a doenças tropicais, além das formas de terapias gênicas mencionadas e serviços de reconstituição óssea, implantes, formam um campo marcado por futuras possibilidades de mercado. Da parte das corporações, isso permite minimizar o impacto da destruição criadora da biotecnologia e explorar novas oportunidades de mercado. Já as empresas inovadoras permitem escapar de certas barreiras criadas pela forma extremamente excludente com que o setor de fármacos e produtos de saúde humana desenvolveu-se nos últimos 50 anos. Até 1994 o número de produtos destinados à saúde humana obtidos por biotecnologia era de cinco a sete. Esse número cresceu significativamente, superando o patamar de 20 em 1998 e chegando a 32 produtos em 2000. São 130 produtos aprovados pelo *Federal Drug Administrations* (FDA), 70 deles nos últimos seis anos. Trata-se de uma indústria que emprega nos Estados Unidos 180 mil pessoas, gastando quase US\$ 4 bilhões por ano em pesquisas, como veremos adiante.

Apesar da falta de resultados econômicos expressivos no setor em que a biotecnologia produz os melhores resultados dentre aqueles em que impactou de forma mais incisiva, a mudança verificada nas tradições tecnológicas da indústria farmacêutica vem exigindo um aprofundamento da base científica e uma abordagem interdisciplinar, na expectativa de constituir o caminho mais promissor para a redução das falhas na formulação de novos medicamentos. Ainda que não seja um ponto específico de seu desenvolvimento (por exemplo, em relação ao desenvolvimento da informática nos últimos 30 anos), o caráter pré-paradigmático da biotecnologia (Silveira, 1993) persiste, evidenciado por essas mudanças de orientação das formas de organização das empresas, de seus acordos de cooperação e das alianças entre os diferentes agentes que nele atuam.

A antecipação dos futuros efeitos dessas tecnologias teve impactos sobre decisões organizativas dos grupos líderes do setor farmacêutico. Já na primeira metade dos anos 1980 as grandes empresas do setor farmacêutico aproximaram-se da biotecnologia num estágio ainda experimental, dado o ainda elevado grau de incerteza sobre o real potencial técnico e econômico dessas novas ferramentas. Nessa fase, as empresas procuravam abrir “janelas” para a biotecnologia e o compromisso maior só viria a partir da segunda metade dos anos 1980. Segundo Sharp & Galimberti (1993: 38) observou-se nesse período uma reação em cadeia em cadeia onde Bayer foi influenciada pela decisão de Hoechst; também a Ciba Geigy foi estimulada pelo interesse apresentado nas biotecnologias por suas competidoras mais próximas, Hoffman La Roche e Sandoz.

Alguns produtos de base biotecnológica usados no combate ao câncer, como interferon e interleucinas, conseguiram resultados econômicos expressivos para as empresas que os lançaram no mercado (Hoffmann La Roche, via Genentech, por exemplo). O número de novos fármacos de base biotecnológica é

grande, mas eles não estão entre aqueles de maior desempenho da indústria, como os produtos contra hipertensão, úlcera, calvície e para melhoria do desempenho sexual. A insulina humana é um exemplo de produto que se torna absolutamente superior a seus sucedâneos, seja pela facilidade de estocagem, armazenamento e efetividade. No caso, aproveitou-se todo o trabalho de desenvolvimento do produto de origem natural utilizando a biotecnologia não como um *breakthrough*, mas como uma tecnologia superior. As empresas líderes no setor (Ely Lille e Novo) mantiveram-se como tal. A inovação biotecnológica reforçou o poder de mercado dessas empresas, reafirmando o papel da inovação como elemento central do processo competitivo desse segmento industrial. Os exemplos de destruição criadora começam a aparecer nas fases de pesquisa e desenvolvimento, mais que na substituição de produtos por técnicas, serviços e processos marcados por baixo grau de apropriabilidade, como seria o caso do implante de insulina, com liberação lenta, que livraria o paciente do peso de receber a injeção diária do produto.

O processo de reorganização tecnológica e os novos requerimentos de inovação explicam parte significativa das transformações organizacionais e na propriedade de ativos das principais empresas líderes do setor farmacêutico mundial. Como resultado de um amplo processo de fusões e aquisições, com exceção da Bayer,<sup>9</sup> todas as outras corporações líderes do setor nos anos 1990 já não mais existem. A Ciba Geigy fundiu-se em 1996 com a Sandoz para a criação da Novartis. Um *spin off* da Novartis gerou a Singenta, que também adquiriu a parte de sementes da Zêneca, *spin off* da ICI, tornando-se uma grande corporação especializada em sementes e biotecnologia vegetal. A Hoechst, depois de uma sucessão de fusões e aquisições passou a chamar-se Aventis-Pharma, cuja parte de biotecnologia vegetal foi vendida para a Bayer recentemente. A Monsanto teve sua parte farmacêutica vendida a Pharmacia, grupo mais voltado à distribuição do que à inovação e o destino de sua área de biotecnologia vegetal ainda é incerto. Esse processo é marcado pela instabilidade, muitas fusões fracassam e são desfeitas, mas a resultante do processo aponta na direção de maior concentração, principalmente no segmento de biotecnologia vegetal. Com a emergência da genômica e seus desdobramentos novas oportunidades tecnológicas podem resultar em alterações significativas na estrutura desse mercado.

Confirmando a relevância da descrição feita das mudanças tecnológicas, na seção anterior, esse foi um dos setores em que o processo de reorganização societária foi marcado pelas razões de ordem tecnológica. A maior aproximação das companhias da área química com a área biológica representou, em muitos casos, uma profunda reformulação das capacidades existentes nessas companhias. Um recurso muito utilizado para explorar esse novo caminho foi o

---

(9) A Bayer, em 2002, adquiriu a parte de agroquímicos, sementes e biotecnologia vegetal da Aventis, aumentando o grau de concentração desses segmentos da indústria para a agricultura, reafirmando o papel da inovação como elemento central no processo competitivo.

estabelecimento de parcerias e acordos de cooperação com outras companhias. Isso mudou bastante as práticas dessas companhias, pois “a cooperação nunca foi uma característica importante da indústria química, e muito menos na área de *P&D*” (Sharp & Galimberti, 1993: 49). Essas autoras, analisando a experiência de cinco grandes companhias, concluem que esses acordos representaram uma aprendizagem significativa para elas. Por isso, os acordos não podem ser vistos apenas em termos de economia de “custos de transação”, como um conjunto de transações discretas (Powell et al., 1996), pois os mesmos apresentam-se como um “laboratório social” onde novas formas de organização são testadas.

Os arranjos em rede seriam uma forma de trabalhar esse *trade off*, permitindo uma maior flexibilidade, sem abandonar a especificidade das capacitações desenvolvidas *in house*. Parte das grandes companhias que atuam no setor considera os acordos com pequenas firmas especializadas nas biotecnologias como “janelas de baixo custo” (Whittaker & Bower, 1994), pois os investimentos das grandes companhias para desenvolvimento dos novos produtos são feitos principalmente nas fases mais avançadas, caso esses produtos se revelem promissores, suspendendo os acordos quando esse não for o caso. Por isso, essas companhias especializadas mantêm acordos com numerosas firmas especializadas ao mesmo tempo.

Contudo, não se deve acreditar que os acordos de cooperação ocorram sem problemas e que não se constituam em fonte de tensão permanente para a definição de estratégias de defesa da participação de mercados das líderes incumbentes que restaram do processo de fusões e aquisições descrito acima. Três pontos podem ser mencionados:

a) O resultado da cooperação depende da compatibilidade entre os parceiros, do caráter tácito ou codificado do conhecimento e do efeito de *spill overs* não esperados. Alguns desses problemas podem ser reduzidos, no médio e longo prazo, pelo desenvolvimento da confiança e códigos específicos de relacionamento entre parceiros;

b) Outra dificuldade está associada à adequação dos mecanismos de financiamento, legislação e política científica para potencializar os novos modelos de desenvolvimento tecnológico;

c) As firmas inovadoras, de menor porte, que fazem parte dos acordos mencionados, apreendem e podem se apropriar de parte do conhecimento obtido no processo de cooperação: na indústria farmacêutica a importância da inovação em produto para o desempenho e conseqüente participação de mercado é um elemento central em um processo de destruição criadora.

A instabilidade resultante dessas dificuldades abre espaço para que empresas inovadoras, novas entrantes, reorganizem o mercado. As barreiras à entrada impostas pelas corporações estão cada vez mais apoiadas nas exigências de alto custo para regulação dos produtos, originadas dos testes de campo, a

chamada fase três do processo de experimentação e desenvolvimento de produtos, o que pode criar uma divisão de trabalho entre os participantes do acordo cuja divisão dos frutos da inovação seja uma fonte permanente de conflito.

Poderíamos, então, seguindo as perguntas que motivaram o presente trabalho, levantar a hipótese de que nada mudou: as pequenas empresas captam os *spill overs* gerados pelo esforço público da pesquisa; geram inovações cujo acesso ao mercado depende de forma crucial da cooperação (em variados graus e formas) com empresas líderes, ligadas a grandes corporações setorialmente especializadas, que conseguem com isso não só manter o controle dos processos como também subordinar as prioridades inovativas à formulação de estratégias empresariais.

Aquilo que de início pareceu – pelo surgimento de inovações biotecnológicas radicais – a criação de um conjunto de novas janelas de oportunidade que resultassem no surgimento de novas empresas e novas formas de organização empresarial (baseadas, por exemplo, na cooperação) pode estar dando lugar ao reforço de corporações cada vez mais centralizadas e defensivas dos espaços conquistados de mercado. Nesse sentido, os conflitos que se originam na cooperação, na etapa de pesquisa e na formulação de uma pauta de pesquisa adequada ao interesse social das inovações farmacêuticas continuariam a se acentuar, mesmo com os novos requerimentos para o desenvolvimento da biotecnologia. Tal constatação é fundamental para conter um pouco o otimismo daqueles que vêem nas novas formas de organização de pesquisa um elemento para reorganização radical da indústria.

### **3 O financiamento da biotecnologia: capital de risco e fundos públicos**

No item anterior mostramos como o interesse pela biotecnologia por parte das grandes corporações especializadas setorialmente gera um conjunto de tensões entre as rotinas por elas estabelecidas e os requerimentos postos pelo desenvolvimento da biotecnologia: a natureza baseada no conhecimento científico de ponta de certos desenvolvimentos; a necessidade de articulação em redes de informação (bioinformática); a elevada incerteza quanto aos resultados (em todos os níveis, não só no plano tecnológico); a amplitude das tarefas envolvidas, principalmente nas etapas iniciais de desenvolvimento do produto, sem falar nos contenciosos cada vez mais agudos, resultantes da “crítica à tecnologia” por parte de ONGs e de entidades representantes de direitos civis.

Uma das maiores evidências da complexidade e dos novos problemas para sustentação de um fluxo de inovações derivada dos avanços da biotecnologia está na forma de seu financiamento. Procuraremos traçar nesse item um panorama do financiamento atual da biotecnologia no país com maior desenvolvimento dessa tecnologia: os Estados Unidos. Devemos deixar claro que os mecanismos de

governança desenvolvidos na Europa ao longo destes últimos 20 anos diferem essencialmente do que analisaremos nos seguintes pontos:

a) O papel mais ativo do Estado, via institutos de pesquisa, agências nacionais de financiamento e principalmente da atuação da União Européia (UE) na criação de programas específicos de biotecnologia;

b) Na fragilidade dos mecanismos de capital de risco para financiar esse tipo de atividade, o que está sendo revertido mais recentemente, principalmente na Alemanha;

c) De forma complementar, o ambiente institucional nos países da União Européia é francamente esquizofrênico, uma vez que a biotecnologia é por vezes considerada chave para competitividade em setores em que a Europa tem corporações líderes mundiais e, ao mesmo tempo, sofre forte oposição de organizações de produtores e de defesa dos direitos dos consumidores. Também nos Estados Unidos a atribuição de direitos de propriedade é sempre mais favorável à continuidade de pesquisas, principalmente aquelas financiadas por corporações ou acordos de cooperação.

O financiamento à pequena e média empresa intensiva em capital humano e tecnologia cumpre um papel de destaque na argumentação que conduzimos no trabalho: a de que o desenvolvimento da biotecnologia engendra formas de governança extremamente complexas, muito distantes da imagem que se tem de inovadores isolados, empreendedores pioneiros, em que o talento e a criatividade são as principais armas competitivas.

O trabalho de Audretsch & Stephan (1999) mostra como as empresas de biotecnologia são uma fonte de atração de um tipo de profissional experiente, geralmente com anos de pesquisa em universidades e com um razoável *curriculum*, com mais de 15 anos de publicações em revistas científicas indexadas de importância, contrastando com o jovem *PhD* saído das mesmas universidades dos empreendedores, mas que preferem um emprego mais seguro em grandes empresas. O período nas universidades não foi apenas utilizado para a aquisição de conhecimento científico, mas também permitiu a esses líderes de equipes desenvolverem um capital relacional, permitindo a seleção de possíveis financiadores e mesmo de fornecedores de confiança (Pisano, 1997 e Meyers & Nickerson, 1997).

Todavia, essa fonte de recursos para inovação, identificada como “capital humano” pela literatura atual, pode ser potencializada por mecanismos de incentivo que as instituições públicas têm dificuldade em prover. Cria-se, portanto, uma estrutura de governança que, sem negar a importância do suporte dado pelas fontes públicas de financiamento, mantém o incentivo à inovação descentralizada e à criação de formas variadas de articulação entre pequenas empresas (incubadoras, pólos tecnológicos), com médias e grandes empresas setoriais e mesmo com instituições públicas.

### 3.1 O financiamento à biotecnologia nos Estados Unidos

A forma descentralizada de financiamento nos Estados Unidos, identificada em vários trabalhos especializados sobre investimentos em setores da “nova economia”, nada tem a ver com um suposto baixo nível de institucionalidade, associado às formas “mercado” de estruturas de governança e em oposição às formas centralizadas de governança comumente vinculadas à União Européia.<sup>10</sup> Ao contrário, um conjunto de atividades com elevado risco e retorno de longo prazo é viabilizado pela expectativa de lucros futuros, mas também pelo suporte dado por uma forma de arranjo público-privado e pelo elevado grau de confiança em certos tipos de instituições financeiras organizadas a partir do capital de risco e do mercado de ações.

Como vimos no item anterior, temos como pano de fundo a percepção tanto das oportunidades tecnológicas criadas pela biotecnologia quanto do esgotamento das trajetórias tecnológicas tradicionais. A questão é saber se essa(s) “nova(s) forma(s)” de organização é(são) assumida(s) como trajetórias tecnológicas ou engendra(m) a forma de redes, ou combina(m) as duas, em uma divisão de trabalho cujo elo são os acordos de cooperação.

Passemos a um breve apanhado do que ocorre nos Estados Unidos e que ilustra os pontos mencionados acima. Barkley, Markley & Rubin (1999) mostram que, nos Estados Unidos, a institucionalização para a formação do mercado de *venture capital* já é bastante difundida. Segundo esses autores, o envolvimento do Estado nos mercados de *venture capital* ocorre em uma ou mais das cinco formas resumidas abaixo:

- a) Administrando e fornecendo fundos públicos para *venture capital*;
- b) Investindo em programas privados de *venture capital*;
- c) Estabelecendo taxas de créditos para investimentos de *venture capital*;
- d) Fornecendo suporte para o desenvolvimento de agentes e redes de investidores; e
- e) Promovendo feiras de *venture capital* para facilitar a interação entre investidores e empreendedores.

Nesse estudo, a partir de relatos de 40 estados dos Estados Unidos (em 1999 foram enviados questionários para 50 estados, tendo retornado 40), constatou-se que a maioria deles possui um ou mais programas dentro de cinco categorias, que vão desde a total administração pelo Estado, até o auxílio a feiras de capital de risco, passando por programas de crédito com taxas de juros subsidiadas.

---

(10) Assouline & Joly (1999) mostram que há grande variedade nas estruturas de governança da pesquisa biotecnológica associada ao financiamento público nos diferentes países da comunidade. Normalmente, o desenvolvimento da biotecnologia leva ao aumento de instituições, ainda que o comando das ações de financiamento possa continuar centralizado, como no caso da Grã-Bretanha.

Todavia, a distribuição de *venture capital* entre os estados dos Estados Unidos é bastante desigual. Em 1998, Califórnia (40,6%) e Massachusetts (11,9%) lideravam nos investimentos em *venture capital* (Barkley, Markley & Rubin, 1999), o que mostra que o capital de risco busca as oportunidades criadas pelo desenvolvimento tecnológico e tem pouco poder de redirecionar especialmente a localização do investimento em biotecnologia.<sup>11</sup>

O envolvimento do Estado pode ser visto como um *continuum* no qual ele estabelece *trade offs* entre controle das decisões de investimento e manter ações em alta e baixa para retornos dos investimentos.<sup>12</sup> Em um extremo, fundos públicos e administração de programas pelo Estado fornecem grande controle sobre as decisões de investimento, permitindo focalizar os objetivos-meta. No limite, há casos em que o Estado carrega total responsabilidade para qualquer perda ou ganhos financeiros. No outro extremo, o Estado cria uma legislação que versa sobre o certificado de capital da empresa e fornece parâmetros para operação dos fundos privados de *venture capital*, sendo o controle público mais limitado. Nesse caso, o Estado não assume as perdas ou ganhos, exceto se especificado na legislação. O Estado também pode exercer ou facilitar o papel de suporte dos agentes da rede e feiras de *venture capital*, sendo que não exerce nenhum controle sobre as decisões de investimentos e tem o risco financeiro limitado (Barkley, Markley & Rubin, 1999).

Esses resultados mostram que a adequação da forma de financiamento aos requerimentos da pesquisa passa pela ação de fundos públicos, contrariando a idéia simplista de o financiamento de atividades de investigação de longo prazo estarem a cargo de estruturas de governança do tipo mercado. O mais interessante é que isso não se limita a casos em que a atividade envolve riscos elevados, como a biotecnologia, mas setores em que trajetórias tecnológicas bem consolidadas já selecionaram caminhos viáveis.

---

(11) Entre os estados, quatro deles (Georgia, Michigan, New York e Oregon) enquadram-se em quatro das cinco categorias listadas no texto acima; dez estados mantêm-se em três categorias e nove estados mantêm-se em duas categorias. Somente Montana, Nevada, Dakota do Sul, Washington e Wyoming não possuem nenhum dos programas acima listados. Quanto ao tipo de assistência do Estado, a maioria auxilia os fundos privados e não privados (quase-públicos) de *venture capital*. Vinte e três estados investem fundos públicos em *venture capital* privados ou quase-públicos com objetivos de incentivar os empreendimentos e/ou desenvolvimento econômico locais. Dezoito estados responderam que auxiliam ou mesmo patrocinam as feiras de *venture capital*, cujo custo é relativamente baixo. Créditos ou incentivos, incluindo programas de certificados de capital (*Certified Capital Companies* – CAPCOS) são utilizados em 17 estados. Quatorze estados patrocinam ou auxiliam o desenvolvimento de agentes da rede, muitas vezes em conjunto com o programa SBA-ACE-Net (*United States Small Business Administration – Angel Capital Electronic Network*). Finalmente, somente 12 estados mantinham e administravam fundos públicos de *venture capital*. Outros estados já haviam trabalhado com fundos públicos, mas alguns desses fundos foram fechados devido a insucessos ou por mudanças políticas (Iowa e Montana) e outros fundos foram reorganizados para entidades não lucrativas ou quase-públicas.

(12) Ver Rabelo & Silveira (1999) para a caracterização de formas de financiamento (*debt*) e controle por parte do financiador e um balanço de vantagens e desvantagens em relação a formas de financiamento via *equity*.

Um aspecto relevante para a capitalização das empresas dos Estados Unidos em seu arranque inicial refere-se à existência e ao uso do crédito para P&D concedido pelo Tesouro americano, que foi instituído em 1981. Parte das parcelas não utilizadas (embora concedidas) são capitalizadas, criando um mecanismo institucional bastante adequado ao elevado nível de incerteza desses mercados. Muitas vezes, os pequenos empreendimentos não são capazes de utilizar a totalidade ou parte do crédito de P&D devido às limitações das formas de pagamento. Dado que, nos Estados Unidos, qualquer crédito concedido não utilizado pode ser restituído nos três anos seguintes, a empresa pode retomá-lo após 15 anos do ano em que o crédito fora concedido, permitindo a sua capitalização. Na declaração de renda das empresas, esse crédito pode ser referido como um “ativo” de entrada de débito a ser compensado futuramente quando do seu uso e é isento de impostos.

Apesar da importância do governo principalmente no estímulo à entrada de iniciantes, o mercado de capital de risco nos Estados Unidos já apresenta um comportamento auto-alimentado. Nos Estados Unidos, bancos e empresas de capital de risco tomam a quantia não utilizada de crédito de P&D da empresa em consideração quando a mesma solicita um empréstimo, financiamento das ações, ou no momento de abertura de capital. Em muitos casos, o crédito de P&D pode ser usado por uma empresa compradora no caso da venda da pequena empresa ou na fusão de empresas.

Apesar da percepção atual, por parte da maioria dos economistas, de que o mercado acionário superestimou as expectativas de resultados relacionados à nova economia, ocorre uma análise detalhada dos investimentos intangíveis em P&D e nível de especialização envolvidos das empresas que se candidatam ao mercado de capital de risco e daquelas que buscam fundos para a continuidade de seus projetos. Isso é particularmente verdadeiro no caso da biotecnologia, em que certos requisitos tecnológicos dão base a uma avaliação mais sólida das possibilidades dos produtos do que no caso de setores como *e-commerce*, em que os impactos esperados são baseados em avaliações pouco sólidas.

Um dos parâmetros concretos é a análise da identificação qualitativa e quantitativa de patentes e seu vínculo no desempenho das empresas no mercado de ações. Essa análise parte dos resultados dos estudos de Baruch Lev da Universidade de New York feitos em 1998 (citados por <www.chiresearch.com>). Esse trabalho mostrou que companhias com patentes de alto impacto tendem a possuir uma alta valoração no *market-to-book* (MTB). Através de indicadores de patentes prevêem-se o preço das ações e seu desempenho para a comunidade financeira. O conceito subjacente é de que a força tecnológica se expressa na qualidade das patentes que constam em seu portfólio. O Inversor Tech-Line® da CHI contém três indicadores quantitativos de patentes que medem: a) o impacto das patentes de uma companhia nos recentes desenvolvimentos tecnológicos,

b) a força do vínculo dessas patentes para a pesquisa científica de fronteira, e c) a velocidade à qual uma companhia inova. Esses três indicadores são normalizados para responder às diferenças por indústrias.

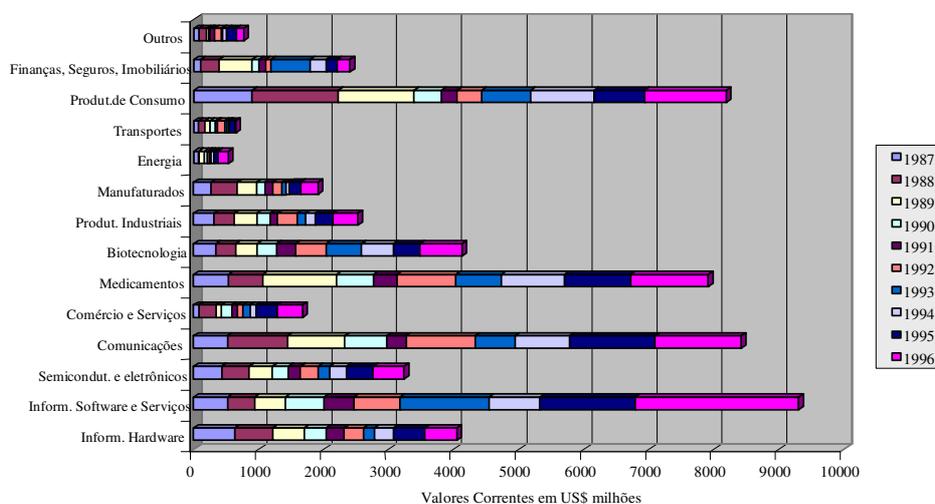
Ernst & Young desenvolvem outros critérios de avaliação das empresas, que se assemelham àqueles de avaliação de desempenho tradicional, mas que levam em conta o fato de que parcela significativa das receitas se origina de contratos de pesquisa e não da venda de produtos, o que, obviamente, no fluxo de tempo, deve manter uma certa correspondência (ainda que estocástica) com os indicadores obtidos a partir de patentes. É interessante para a discussão proposta pelo texto como são desenvolvidos indicadores “econômicos” distintos daqueles que são aplicados a empresas de “velha economia”. Esses novos indicadores são obviamente fundados em *proxies* da expectativa de lucro em um prazo bastante longo, o que acaba por interpenetrar formas alternativas de *funding* com mecanismos institucionais variados.

Em relação à alocação por setores, o Gráfico 1, onde constam os desembolsos em *venture capital* nos Estados Unidos entre 1987/96, mostra claramente a liderança do setor de informática de *software* e serviços. Em relação à biotecnologia, sua posição não é desprezível, pois se equipara ao setor de informática de *hardware*, um importante setor nos Estados Unidos. No global, segundo os dados do *Venture Economics Investor Services* (<www.nsf.gov>), em 1996, os desembolsos nessa modalidade de capital alcançaram a cifra de US\$ 9,4 bilhões, recuperando-se de uma queda de cerca de US\$ 2,6 bilhões em 1991. Cita-se também que seu montante para o inventor – empresário ou pequenas empresas com fins de pesquisa – ainda é pequeno, mas põe em destaque a forma de financiar empresas de alta tecnologia, característica dos Estados Unidos, principalmente no que tange à biotecnologia.

Passemos a uma análise específica do caso da biotecnologia, em suas formas conjuntas de financiamento: são formas distintas e também temporalmente articuladas. No Gráfico 1, o capital de risco voltado à biotecnologia acumula um volume de aproximadamente US\$ 4 bilhões em dez anos, com um suave crescimento dos valores nos anos próximos a 1996. Segundo a Tabela 1, nota-se uma expansão significativa nos valores anuais do capital de risco para biotecnologia, que chegaram a US\$ 1,2 bilhão em 1999, com o efeito dos resultados positivos obtidos com os Projetos Genoma em vários lugares do mundo, inclusive no Brasil. Entretanto, verifica-se uma queda no total de recursos captados pela biotecnologia em geral, justamente no que tange às formas mais caracterizadas como *equity*, ou seja, próximas do mercado acionário: recursos para o lançamento de ofertas públicas iniciais (IPO) no mercado acionário e recursos para financiar a continuidade de projetos que partiram de uma IPO. Esses dados são reveladores da instabilidade do mercado que é estimulado a financiar novos empreendimentos a partir das possibilidades criadas pela genômica e afins e, ao

mesmo tempo, torna-se mais seletivo quanto à avaliação de lucros de empresas que estão se lançando no mercado. O quanto esse tipo de descompasso contribui para viesar o desenvolvimento futuro da biotecnologia é uma questão para futuras investigações.

Gráfico 1  
Evolução de recursos aplicados em capital de risco nos EUA, por setor (US\$ milhões)



Fonte: *Venture Economics Investor Services* (1997).

A confirmação de que novas oportunidades de negócios estavam sendo criadas no final dos anos 1990 é evidenciada pela manutenção do financiamento por meio de “outras formas”, que se referem a mecanismos fora do mercado de capital de risco e do mercado acionário, podendo envolver contratos com empresas de maior porte ou o aporte de investidores, tidos como “anjos”.

Tabela 1  
Evolução do mercado de financiamento em biotecnologia nos EUA (em US\$ milhões)

Tipos	1997	1998	1999
IPOs (oferta inicial)	1.745	707	731
Follow-os (continuidade)	3.406	1.099	1.204
Outros	2.169	2.220	2.181
Venture (capital de risco)	708	863	1.298
Total	8.028	4.889	5.414

Fonte: Ernst & Young (1999).

Os resultados da Tabela 1 indicam que o mercado de capitais de risco voltado para biotecnologia, ao longo dos anos 1990, incorporou empresas que ainda não haviam atingido um ponto mais avançado em seu ciclo de investigação,

no que tange à possibilidade de chegarem ao mercado. As condições requeridas para fazer uma oferta inicial (IPO) implicam ter um produto comercializável. A presença dos fundos de capital de risco, que descrevemos acima, deu flexibilidade a essas empresas para escolherem projetos de maior potencial, mas que requerem mais conhecimento e tecnologia (Silveira, Fonseca & Dal Poz, 2001).

A queda do volume destinado a *IPO* é, como vimos, um indicador de uma maior cautela em relação aos resultados desses projetos. Uma parte disso se deve aos custos de registro e de contrato de serviços de consultoria necessários para essa entrada no mercado de ações. A idéia de que o mercado de *IPO* já estava se retraindo em 1999, antes da explicitação da crise das bolsas eletrônicas, é um sintoma de que, no caso da biotecnologia, a reversão das “expectativas exuberantes” já se dava em função da maior seletividade dos projetos.

Outro aspecto que justifica o menor número de empresas no mercado de capitais de risco e uma maior seletividade das *IPOs* e *Follows* vincula-se a certas características do mercado. De forma muito semelhante ao que ocorre no mercado de fármacos que descrevemos no item 2, a importância de um produto bem-sucedido no mercado para o crescimento de uma firma é muito grande. Raramente tem-se uma empresa com um portfólio amplo de produtos, repartindo de forma mais ou menos igualitária seu faturamento entre eles. Isso reforça as características de incerteza do financiamento da biotecnologia, em que a uma baixa probabilidade se associa um elevado prêmio quando o produto torna-se importante no mercado. Como vimos, um elemento fundamental das novas trajetórias em saúde humana é a identificação de alvos de importância e isso se aplica perfeitamente ao caso da biotecnologia.

Segundo informações de <www.ipo.com>, cerca de 75% das transações de *IPOs* são realizadas na Bolsa de NASDAQ sendo o restante nas Bolsas de *Big Board* ou na de American Stock Exchanges de NASDAQ e AMEX Biotech. As maiores capitalizações observadas em 1999 referem-se a três das chamadas “grandes” em biotecnologia: Amgen (AMGM), Biogen (BGEN) e Immunex (IMNX), embora estas não tenham alcançado posições entre os dez primeiros neste ano.

Becker (<www.bio.org.>), referindo-se ao ocorrido no ano de 1999, mostra que mais de 20% das ações das 200 companhias que participam do Índice NASDAQ Biotech dobraram de valor e 8% mais que triplicaram. Atuaram como catalisadores (além dos progressos clínicos) as fusões e especulações de aquisição de empresas. Segundo esse autor, a segmentação de acordo com a capitalização do mercado de risco (acionário, não especificamente dos *venture funds*) vem se alargando. Nos anos anteriores a 1999, mais de um terço das empresas no Índice NASDAQ Biotech tinham um mercado de capitalização abaixo de US\$ 50 milhões. No final do terceiro trimestre, o número de empresas desse segmento era de menos de 10% do total dos participantes. Ressalta-se que a porcentagem de empresas com capitalização de mercado acima de US\$ 250 milhões alcançou 45% ao

término do terceiro trimestre, uma evolução considerável em relação aos 30% no começo do ano. Trata-se de um duplo movimento de aumento do valor de cada negócio e de redução do número de empresas envolvidas. Ainda assim, das aproximadamente 200 companhias que compõem o Índice NASDAQ Biotech, nenhuma delas se inclui entre as 30 primeiras do global da Bolsa NASDAQ. A despeito do sucesso dos Programas Genoma (que aqueceram o mercado em 1999), nota-se que o número de transações caiu e também o montante de capital levantado vem oscilando sensivelmente ao longo dos últimos anos.

Os dados dos Estados Unidos são importantes não só pela forma de financiamento dessas atividades (que está sendo seguida pela Alemanha), mas também por ter uma dimensão quantitativa várias vezes superior à de qualquer outro país do mundo, mesmo se somarmos os gastos com biotecnologia nos três maiores países da União Européia (Grã-Bretanha, Alemanha e França). Dados recentes (<www.bio.org>) confirmam que, no caso da biotecnologia, os investimentos continuaram em 2000 e apenas em 2001 o “valor de mercado” das empresas começou a declinar em função da crise das bolsas eletrônicas.<sup>13</sup>

Essa concentração deve acentuar-se na crise. Os dados de Ernst & Young (1999) confirmam a tendência à segmentação do mercado de biotecnologia ao diferenciarem as empresas participantes e não participantes do mercado de capital de risco. Discutiremos, então, aquele grupo de empresas que ainda buscam condições para uma abertura de capital para o mercado, no futuro, via *IPO*. O trabalho mostra que as primeiras apresentam desempenhos claramente mais favoráveis.

O Gráfico 2 apresenta as características diferenciais de empresas de biotecnologia nos Estados Unidos, segundo aquelas que recorreram ao mercado de capital e aquelas que não se financiaram desta forma. Começemos pelos pontos em comum entre elas:

a) O conceito de receitas não é convencional: grande parte dos recursos origina-se de contratos de pesquisa com o governo (NIH, NSF), com corporações, financiadas por fundos de capital de risco ou por investidores não institucionais;

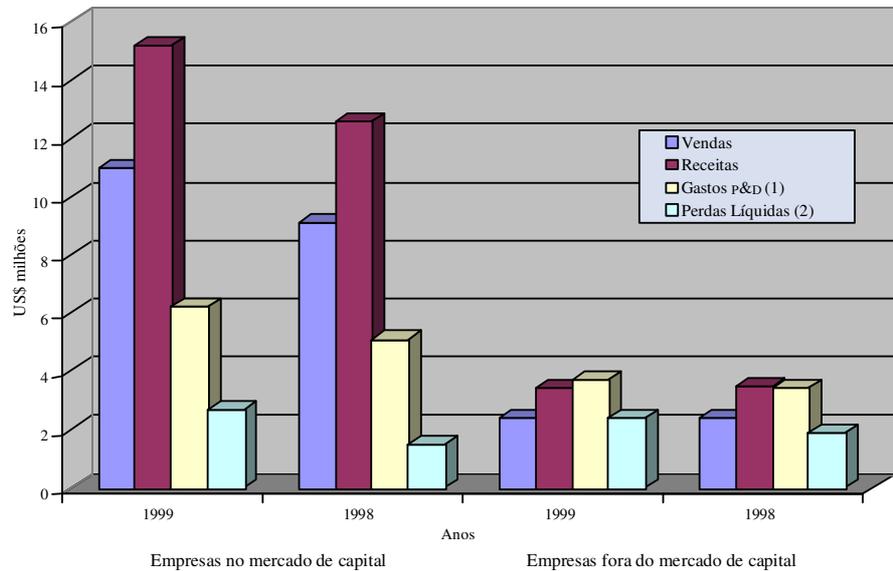
b) Verifica-se uma elevadíssima porcentagem de gastos em Pesquisa e Desenvolvimento em relação às vendas e também em relação às receitas totais. A principal função dessas empresas é conduzir tarefas de pesquisa e desenvolvimento após a identificação do potencial de mercado do produto ou processo em questão. Em muitos casos, o produto é um método diagnóstico, um reagente, um vetor, um precursor, ou seja, uma ferramenta da biotecnologia. Findo o período de contrato, a empresa tem que procurar outras fontes de financiamento para a mesma linha de investigação ou para novas propostas;

---

(13) O valor capitalizado do conjunto de empresas de biotecnologia caiu de US\$ 330 bilhões em 2001 para US\$ 225 bilhões em 2002, confirmando uma tendência de retorno ao patamar verificado em 1999, de US\$ 137 bilhões (Ernst & Young, 1999).

c) As perdas líquidas são elevadas: essas empresas existem para cumprir a tarefa básica de flexibilizar rotinas de busca de grandes corporações que, por outro lado, correm o risco da destruição criadora derivada do surgimento de novos processos e novos mercados. Como vimos, o financiamento via *debt* (Rabelo & Silveira, 1999) é uma forma inadequada de financiar essas atividades iniciais e de reduzir os custos de saída em caso de fracasso. O agente financiador tem que estar disposto a arcar com uma probabilidade elevada de fracasso em face das expectativas de repartir com o inovador os ganhos do sucesso de sua inovação.

Gráfico 2  
Indicadores de desempenho de empresas de biotecnologia:  
dentro e fora do mercado de capital de risco (1998/99) – US\$ milhões/empresa



Fonte: Ernst & Young (2000).

Cabe um comentário sobre este último ponto. Vários complexos têm segmentos compostos por firmas de alta tecnologia e financiadas por capital de risco. É natural que as diferentes atividades de um complexo determinado por ligações intensas de compra e venda tenham conteúdo tecnológico distinto e que parte delas estejam expostas a maiores níveis de risco e sejam também geradoras de incertezas (Silveira, 2002). Dessa forma, a situação apresentada no Gráfico 2 também ocorreria em outros setores de alta tecnologia, não seria específica da biotecnologia, mas teria nela um caso extremo, em que negócios (aquisições, por exemplo) são realizados com base não no resultado de faturamento da empresa biotecnológica, mas em seu portfólio de tecnologias (protocolos, por exemplo).

Passamos, então, a discutir as diferenças entre o segmento da biotecnologia cujo capital foi financiado pelo mercado acionário e aquele

constituído por empresas que estão fora dele, ainda segundo o Gráfico 2. A primeira diferença entre as que participam do mercado de capitais e aquelas que estão fora dele refere-se ao maior volume investido por empresa do primeiro grupo. As empresas no mercado de capitais são em menor número (cerca de 300 em 1999, contra mais de 1.500 fora do mercado de capitais no mesmo ano), mas com maior porte (faturamento, número de empregados, vendas) e no conjunto são muito mais importantes: a empresa média de biotecnologia inserida no mercado de capitais tem uma receita um pouco superior a US\$ 10 milhões/ano, ao passo que aquela que está “fora do mercado” de capitais sofre algum tipo de restrição ao crédito, limitando seu tamanho a valores médios inferiores a US\$ 4 milhões/ano de faturamento.

Uma segunda diferença importante está no desempenho: as empresas financiadas pelo mercado de capital de risco têm receitas superiores às vendas e gastos em P&D e perdas líquidas, quando somados, chegam a 80% do faturamento dessas empresas, mostrando que essa forma de financiamento dá uma melhor sustentação às empresas em sua busca de valorização de ativos relacionados à tecnologia. Ainda assim, o desempenho das empresas que estão no mercado de capital de risco é melhor, mensurado pela maior contribuição das vendas nas receitas, o que financia parte das atividades de P&D. As empresas “fora do mercado” praticamente justificam sua existência pelas atividades de P&D, sendo, pois, facilmente capturadas por empresas maiores nos casos em que ocorre compartilhamento de ativos.

A Tabela 2 mostra que há bastante instabilidade nas proporções entre o capital voltado para iniciantes e para aqueles em que já ocorre algum tipo de consolidação, revelada pelo menor risco do financiamento. O número de transações com capital de risco é bem menor que o número de empresas em biotecnologia, que, como vimos, são cerca de 300 com capital aberto e quase 1.500 no total. Em outras palavras, mesmo nos Estados Unidos, o apoio do capital de risco a empresas iniciantes é modesto, ainda que favoreça a transformação dessas empresas em empresas de capital aberto.

Tabela 2  
*Venture capital* em biotecnologia nos EUA: número de transações e aumento de capital  
(em US\$ milhões)

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998 <sup>(1)</sup>
Seed/first (iniciantes)	38%	46%	28%	17%	22%	34%	50%
Later/corporate	62%	54%	72%	83%	78%	66%	50%
Número total transações com biotecnologia	133	126	115	94	124	137	73
Elevação total de capital das transações de biotecnologia	\$ 688	\$ 719	\$ 679	\$ 568	\$ 818	\$ 1.080	\$ 615
Elevação média	\$ 5,2	\$ 5,7	\$ 5,9	\$ 6,0	\$ 6,6	\$ 7,9	\$ 8,4

<sup>(1)</sup> janeiro/junho 1988.

Fonte: Ernst & Young (1999).

Em geral, o capital de risco volta-se para a modalidade que chamamos *later*. O investimento inicial seria financiado por fundos próprios ou formas outras que não os fundos de capital de risco. Outro dado importante é que há uma oscilação considerável do número de transações, um pouco acima de 120 ao ano, de 1992 a 1998, mas o volume transacionado total cresceu, assim como o volume médio obtido por transação, que em 1998 chegou a US\$ 8,4 milhões, uma operação 15 vezes menor que aquela relacionada ao lançamento de empresas no mercado acionário, via IPO.

Essas formas complexas de articulação entre capital de risco e outras formas de financiamento via *equity*, características do que ocorre nos Estados Unidos, ainda não encontram paralelo com o que se passa na União Européia, ainda que esse processo, com defasagem, esteja ocorrendo, principalmente na Alemanha (Fonseca et al., 1999).

Uma comparação entre os investimentos no mercado de capital de risco entre os Estados Unidos e a União Européia mostra que a biotecnologia (junto com medicina e saúde, que congregam atividades vitais para o desenvolvimento da biotecnologia) faz parte de um conjunto de atividades que contribuem para a defasagem européia. Essa defasagem não é apenas científica e tecnológica, mas está intimamente ligada ao menor número de empresas de biotecnologia e às formas mais rígidas de financiamento das atividades, sejam de pesquisa, sejam de comercialização.

Todavia, como mostram os estudos realizados pela European Commission-SRD (1999), existem enormes diferenças nas estruturas de governança das instituições que são responsáveis pela pesquisa científica e tecnológica em biotecnologia na Europa, assim como nos sistemas de financiamento. Em grande parcela, formas distintas de governança corporativa estão fortemente associadas a aspectos institucionais e a certas idiosincrasias culturais, mas qual seria a relação com a biotecnologia?

A forma corporativa com pesquisa predominantemente *in house* e a ligação estreita entre corporações e o sistema bancário, caracterizando de forma simplificada a governança corporativa da Alemanha – um exemplo citado por Rabelo & Silveira (1999) – limitariam o desenvolvimento da biotecnologia, uma vez que, como apontam Sharp & Galimberti (1993), o estabelecimento de parcerias envolvendo empresas de portes distintos é uma questão de necessidade e não de preferência das grandes corporações do setor. A própria experiência de incentivo do capital de risco na Alemanha tem como objetivo fortalecer a biotecnologia, reduzindo o enorme *gap* com os Estados Unidos e mesmo com a Inglaterra.

Os dados que apresentamos são anteriores à atual recessão da economia dos Estados Unidos – e principalmente ao estouro da “bolha NASDAQ” – que afetou fortemente os fundos de capital de risco e as bolsas de alta tecnologia, que

constituíram as duas fontes para a configuração do ciclo de criação e seleção de empresas em seu trajeto em direção ao mercado acionário – para crescer ou a serem adquiridas por empresas de maior porte. A mesma análise nos anos vindouros poderá comprovar ou não a hipótese de que a forma de capital de risco assumida pelo financiamento da biotecnologia nos Estados Unidos tem mais relação com mecanismos de governança capazes de agenciar (a partir do estímulo dado pelo setor público) pesquisadores e pesquisas com elevado potencial de desenvolvimento do que com “bolhas especulativas”. Sem dispor de dados que evidenciem o papel da crise, pode-se inferir que os dados jogam na direção de confirmar a hipótese de que somente uma estabilidade institucional forte do mercado de capitais é capaz de manter eficientes estruturas de governança como essa, em que fracassos poderiam ser confundidos com comportamentos de risco moral derivados da seleção adversa da carteira de projetos (Pisano, 1997).

### Conclusões

O presente texto abordou algumas dimensões do desenvolvimento da biotecnologia no período recente. Certas questões caras à economia institucional foram deixadas de lado, como o tratamento dado aos direitos de propriedade e o papel dos movimentos sociais no direcionamento das opções de pesquisa e mesmo na organização empresarial envolvendo biotecnologia.

Escolheram-se dois aspectos interligados e que remetem à questão se a biotecnologia tende a consolidar-se como uma indústria tradicional, em que barreiras à entrada passam a refletir vantagens competitivas adquiridas, seja na pesquisa, seja na distribuição e *marketing* dos produtos ou se irá manter um caráter de organização descentralizada, em que o papel das redes e associações torna-se de vital importância,

O ponto central do artigo aparece quando juntamos os itens 2 e 3 do trabalho. No item 2 aparece claramente a importância das corporações líderes como elementos decisivos na comercialização da biotecnologia de ponta. Todavia, isso se dá sem que ocorra um estreitamento das oportunidades tecnológicas ao longo de trajetórias, tornando a aplicação dos conceitos evolucionistas – que tão adequadamente serviram para explicar o que ocorreu com a indústria farmacêutica na segunda metade do século passado – claramente insuficiente. Por mais que os líderes da indústria busquem estreitar as opções tecnológicas visando a adequar os requerimentos da biotecnologia aos processos competitivos envolvendo suas empresas, dois elementos contribuem para que decisões de cooperar e estabelecer associações com empresas inovadoras sejam mantidas:

a) A necessidade permanente de monitoramento dos desenvolvimentos científicos, das ferramentas biotecnológicas (permitindo inovações em processos ou facilitando a própria descoberta de novas aplicações e produtos) e das próprias inovações em produto. Além disso, existe a necessidade de desenvolver sistemas

de bioinformática visando à organização das informações geradas internamente (em processos, por exemplo, que usam análise combinatória) e também daquelas que emergem de distintas fontes;

b) As características de instabilidade dos *market share* em indústrias em que a inovação em produto é o elemento central da competitividade e de sustentação das estratégias inovativas. O estreitamento precoce de opções em torno de trajetórias tecnológicas pode revelar-se uma estratégia inadequada em função da presença de fenômenos de *lock in*.

A essas características de um processo competitivo de extrema complexidade e de elevado grau de incerteza corresponde a busca do estabelecimento de contratos que mantenham a posição flexível das empresas, forneçam informação de quais aquisições são interessantes, além de permitirem que os fundos públicos sejam direcionados, com menores conflitos com a sociedade civil, para os itens mais básicos da pesquisa.

Assim são mantidas formas de incentivo de elevada potência às firmas inovadoras (que são perdidas em projetos excessivamente centralizados, como os que caracterizam as “chamadas” feitas pela União Européia) e são reduzidos os conflitos e custos de transação que emergem quando parceiros com tamanhos e objetivos distintos tentam se relacionar, como é o caso das grandes corporações e departamentos científicos de universidades (ver o caso de Novartis e Departamento de Microbiologia da Universidade da Califórnia em Berkeley, relatado fartamente pela imprensa especializada em 2000).

As evidências até o presente momento mostram que os agentes envolvidos nessas questões estão em movimento e sua articulação ainda não está integralmente sob o comando de um só deles, no caso, as grandes corporações. Os movimentos defensivos representados pelas aquisições e fusões realizadas por grandes corporações em setores afeitos à biotecnologia (Assouline & Joly, 1999) são um indicador de que, mesmo com enorme poder concentrador de capital e de participações no mercado, essas empresas não ultrapassaram a fase em que o monitoramento da biotecnologia é tão ou mais importante do que o lançamento de novos produtos.

As empresas líderes do setor de fármacos (e também de biotecnologia vegetal, produto de *spin offs* das corporações líderes do setor farmacêutico, após um ciclo de aquisição de empresas de sementes) têm a clara noção da importância de um produto bem-sucedido na mudança de composição do *market share* nos diferentes segmentos desse mercado, o que as previne de estreitar precocemente a base de ação em biotecnologia. Dessa forma, a sustentação financeira das empresas inovadoras em biotecnologia constitui-se em uma estrutura de governança adequada e que mantém ativo um sistema de incentivos superior ao verificado pelas grandes associações em rede que marcaram o sistema de incentivo à biotecnologia nos países da União Européia.

As questões levantadas pelo texto referem-se a uma situação de transição em um conjunto de atividades econômicas em que a tecnologia cumpre um papel central no processo de concorrência e definição de formas de organização produtiva e societária. O papel da biotecnologia *in house* parece apontar para um certo sucesso na empreitada das corporações do setor farmacêutico – muito mais difícil é a tarefa dos que atuam no setor de sementes e agroquímico – em apropriar-se das vantagens propiciadas pela possibilidade de gerar produtos específicos para públicos-alvo específicos, livrando-se do fardo representado pelos custos crescentes da experimentação com base em processos de *screening*. Um exemplo notável de como a biotecnologia já interferiu nesses processos está na virtual eliminação do segredo contido nas sementes híbridas com o uso das técnicas de marcadores e de identificação genética.

Entretanto, muitos anos se passaram desde a emergência da biotecnologia recombinante e, mesmo com o esgotamento das trajetórias tradicionais, continua difícil concluir que mesmo as grandes corporações possam prescindir de formas de intermediação eficientes entre elas e a pesquisa universitária. As inovações biotecnológicas não tenderam, e não parecem ter essa característica, a uma padronização semelhante àquela que garantiu vantagens competitivas a certas corporações do setor farmacêutico.

A idéia de que as grandes empresas consideram as pequenas empresas como fontes de conhecimento a ser monitorado a variados graus de distância é insuficiente para explicar o dinamismo das formas de financiamento descentralizado que caracteriza o modelo dos Estados Unidos e que agora também se difunde na Europa. As empresas inovadoras parecem indicar que o estreitamento da base tecnológica característica das trajetórias convencionais da indústria de fármacos e também de sementes híbridas não se constituiu um caminho aceitável e que o predomínio das corporações estabelecidas está intimamente relacionado a certas barreiras, como o controle da fase três dos testes de campo e do processo de distribuição de produtos, situação que pode ser alterada por medidas institucionais, principalmente no caso de produtos voltados à saúde pública.

É interessante que ambientes de elevada incerteza favoreçam a descentralização e a renovação (com um forte processo de destruição criadora, diga-se de passagem) de pequenas empresas e não um processo de consolidação de empresas como AMGEN, Genentech, Cetus, DNA Plant Technology, que ademais, quando chegam a um nível de maturidade de mercado, são adquiridas pelas grandes líderes de mercado. Nada parece indicar ainda que um processo de concentração tenha se iniciado, ainda que o Gráfico 2 seja indicativo do fato de que a restrição ao crédito atua mais fortemente nas empresas de menor porte ou naquelas de menor porte têm maiores dificuldades de chegar ao mercado de capitais

Por mais que esse sistema se mostre imperfeito, ele tem sido a forma mais flexível e dinâmica da sustentação da emergência de pequenas empresas de base universitárias. A iniciativa de criação de *clusters* tecnológicos em biotecnologia parece não ter a mesma facilidade para difundir-se que das empresas de *software* – biotecnologia tem custos afundados muito mais significativos, resultando em economias mais fortes de aglomeração, grande parte delas compartilhada pelas empresas da *Bay Area* – o que tem incentivado governos locais a ampararem formas de capital de risco e de *equity* como instrumento básico de atração de empresas nessa área, o que deve ser mantido a despeito da crise atual. O importante é que esse modelo descentralizado questiona a inevitabilidade de se ter a grande corporação como principal protagonista das inovações em biotecnologia.

No caso brasileiro, estudos apontam para o papel central das instituições públicas como “instituições-chave” para a formação de diferentes tipos de redes em biotecnologia, desde as científicas até aquelas que envolvem formas tradicionais de incentivo à criação de pequenas empresas, como as incubadoras (Guedes, 1998; Fonseca et al., 1999; Silveira, Fonseca & Dal Poz, 2001). Essas instituições têm um papel mais amplo do que simplesmente fornecer conhecimento tecnológico. São parceiras em empreendimentos comerciais e também nos arranjos e redes de desenvolvimento científico, gestoras de formas organizacionais flexíveis e capazes de dar o aval para empreendimentos tecnológicos de maior risco, criando formas de financiamento público e privado à pesquisa adequadas às características da governança corporativa no Brasil.

Essa linha de estudo deve beneficiar-se do estudo das experiências de outros países e do papel de agentes de destaque como as grandes corporações, além da investigação de novos enfoques teóricos sobre o tema. O presente trabalho buscou dar uma contribuição nessa direção e incentivar investigações futuras que incorporem outras dimensões:

a) A dimensão da avaliação *ex ante* e *ex post* de programas de investigação pública em biotecnologia;

b) Aquela que envolve questões institucionais, como as relacionadas à atribuição de direitos de propriedade sobre as inovações e sobre a biodiversidade, além de temas sobre biossegurança, que, a nosso ver, completam o escopo de questões relevantes para o estudo do desenvolvimento da biotecnologia.

### **Bibliografia**

- ASSOULINE, G., JOLY, P. B. The biotechnology policy-making and research system in the different countries: convergences and specifics. *European Commission, SRD*. v. 1, 68p. 1999.
- AUDRETSCH, D., STEPHAN, P. Knowledge spillovers in biotechnology: sources of incentives. *Journal of Evolutionary Economics*, v. 9, n. 1, p. 97-109, 1999.
- BARKLEY, D .L., MARKLEY, D. M., RUBIN, J. S. *Public involvement in venture capital funds: lessons from three program alternatives*. [s.l.]: Rural Policy Research Economia e Sociedade, Campinas, v. 11, n. 1 (18), p. 129-164, jan./jun. 2002.

- Institute/Iowa State University/University of Missouri/University of Nebraska, Nov. 1999. (Funding provided by the USDA's Fund for Rural America).
- BECKER, Michael D. Beck on BioTech. *Wayne Hummer Investment LLC*, v. 2, n. 12, 1999. Available from Internet: <www.beckonbiotech.com>.
- BELL, M., CALLON, M. Réseaux technico-économiques et politique scientifique et technologique. *STI*, OCDE, n. 14, p. 67-126, 1994.
- BONACELLI, M. B., SALLES-FILHO, S. L. M. As especificidades do processo de mudança tecnológica: uma análise aplicado ao caso da biotecnologia. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 24, 1996, Águas de Lindóia. *Anais...* [s.l.]: ANPEC, 1996.
- CALLON, M. La double signification de la notion de réseau: forme émergente et modelité de coordination. In: SEMINÁRIO: ECOLE D'HIVER DE CHERCHEURS, avr. 1995, Col-de-Porte, Grenoble, France.
- CARVALHO, S. P., PESSANHA, L. Regulamentação de direitos de propriedade. *Revista de Economia Contemporânea*, Rio de Janeiro, v. 5, n. 1, 2001.
- CHRISTENSEN, J. *Analyzing the technology base of the firm – a multi-dimensional resource and capability perspective*. Strasbourg: Université Louis Pasteur, 1994. (Paper in EUNETIC Conference on Evolutionary Economics of Technological Change).
- DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories. *Research Policy*, v. 11, p. 147-162, 1982.
- ERNST & YOUNG. *Biotech 99*. An Industry Annual Report. 1999. (Thought Leadership Series).
- \_\_\_\_\_. *Biotech 2000*. An Industry Annual Report. 2000. (Thought Leadership Series).
- EUROPEAN COMMISSION – SRD. *Inventory of public biotechnology R&D programmes in Europe*. v. 1: Analytical Report. EU-Directorate-General Research, 1999. 68p. (EUR-18886/1).
- FONSECA, M. G. et al. *O desenvolvimento da biotecnologia no Brasil*. Brasília, DF: CNPQ – Produtividade em Pesquisa, 1999. 315p. (Mimeogr.).
- GUEDES, T. *Networks of innovation and the need for systemic science and technology policies: the Brazilian experience*. University of Manchester, 1998. (Tese, Doutorado).
- HAGEDOORN, J. *Market structural hierarchies and networks of strategic technology partnering*. Lynchburg, NE, MERIT, 1992. (Mimeogr.).
- JOLY, P. B., MANGEMATIN, V. Les acteurs sont-ils solubles dans le réseaux? *Economies et Sociétés*, Series Dynamique Technologique et Organization, n. 2, p. 17-50, 1995.
- KLINE, S., ROSENBERG, N. Overview of innovation. In: LANDAU, R., ROSENBERG, N. (Ed.). *The positive sum strategy*. Washington: National Academy Press, 1986. p. 275-305.

- LUNDVALL, B. Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation. In: DOSI, G. et al. (Ed.). *Technical change and economic theory*. London: Pinter Publishers, 1988. p. 349-369.
- LYNN, L. et al. Linking technology and institutions: the innovation community framework. *Research Policy*, v. 25, p. 91-106, 1996.
- MARCH, J. Exploration and exploitation in organizational learning. *Organization Science*, 2, p. 71-87, 1991.
- MCKELVEY, M. Co-evolution in commercial genetic engineering. *Industrial and Corporate Change*, v. 6, n. 3, p. 503-532, 1997.
- MCMEEKIN, A., REED, A., TAMPUBOLON, G. *What would Constitute Success for UK Biotechnology by 2005*. ESCR/CRIC. 2000
- MEYERS, K., NICKERSON, J. *Buyer-supplier contracting in biotechnology*. Berkeley: The Hass School of Business, 1997. 40p. (Mimeogr.). (Working papers).
- NELSON, R. The coevolution of technologies and institutions. In: ENGLAND, R. (Ed.). *Evolutionary concepts in contemporary economics*. University of Michigan Press, 1993. p. 139-156.
- \_\_\_\_\_, WINTER, S. *Evolutionary theory of economic change*. Cambridge: Harvard University Press, 1982.
- \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_. Capitalism as an engine of progress. *Research Policy*, v. 19, p. 193-214, 1990.
- NIGHTINGALE, P. *Scientific knowledge and the dynamics of the pharmaceutical innovation process*. CoPS Working SPRU. University of Sussex, 1999. 28p. (Brighton Paper). (Mimeogr.).
- ORSENIGO, L. *The emergence of biotechnology*. London: Pinter Publishers, 1988. 230p.
- OSTROVSKY, C. The feasibility study for research venture finance for technology firms in Argentina, Brazil, Chile and Uruguay. Montevideo: IDRC/CDRI:CIID, 1998. Available from Internet: <Ur.vencap.html>.
- PISANO, G. R&D performance, collaborative arrangements and the market-for-know-how. *Harvard, HBSchool Working paper*, 36p. 1997. (Mimeogr.).
- POWELL, W. et al. Interorganizational collaboration and the locus of innovation: networks of learning in biotechnology. *Administrative Science Quarterly*, v. 41, p. 116-145, 1996.
- RABELO, F., SILVEIRA, J. M. F. J da. *Estruturas de governança e governança corporativa: avançando na direção da integração entre as dimensões competitivas e financeiras*. Campinas: Unicamp. Instituto de Economia, 1999. 29p. (Texto para Discussão, n. 77). Disponível na Internet: <www.eco.unicamp.br/publicacoes/textos/t77.html>.
- ROSENBERG, N. Why do firms do basic research (with their own money)? *Research Policy*, v. 19, p. 165-174, 1990.

- ROSENBERG, N. *Exploring the black box: technology, economics and history*. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.
- \_\_\_\_\_. *Inside the black Box*. Cambridge: Cambridge University Press, 1982.
- RUIZ, A. *Inovação institucional & inovação tecnológica*. Campinas: Unicamp. Instituto de Economia, 1999. (Tese, Doutorado).
- \_\_\_\_\_, FUTINO, A. M., SILVEIRA, J. M. F. J. *Os desafios impostos à microeconomia pelos setores de alta tecnologia: uma análise da biotecnologia*. Apresentado no Encontro: "Situação Atual da Microeconomia em uma perspectiva metodológica". Curitiba: Doutorado em Economia da UFPR, 16 e 17 out. 2000. 22p. (Mimeogr.).
- SHARP, M., GALIMBERTI, I. *Coherence and diversity: Europe's chemical giants and the assimilation biotechnology*. Brighton, UK: University of Sussex, 1993. (Steep Discussion Paper, n. 5 SPRU).
- SILVEIRA, J. M. F. J. da. O desenvolvimento da biotecnologia e sua repercussão nos padrões de concorrências industriais. *Indicadores Econômicos: Temas em Debate*, Porto Alegre, p. 130-143, 1993.
- \_\_\_\_\_. *Inovação tecnológica e crescimento: da teoria da inovação induzida as teorias de crescimento endógeno*. Campinas, SP: Unicamp. Instituto de Economia, 2002. (Tese, Doutorado).
- \_\_\_\_\_, FONSECA, M. G. D., DAL POZ, M. E. *Obstáculos à comercialização da biotecnologia no Brasil*. In: ASSAD, A. L. *Programa Biotecnologia e Recursos Genéticos*. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2001. (Estudo, n. 6). mimeo, 190p. Disponível na Internet: <www.mct.gov.br>.
- TEECE, D., PISANO, G. The dynamic capabilities of firms: an introduction. *Industrial and Corporate Change*, v. 3, n. 3, p. 537-556, 1994.
- WHITTAKER, E., BOWER, J. A shift to external alliances for product development in the pharmaceutical industry. *R&D Management*, v. 24, n. 3, p. 249-260, 1994.