

A REVOLUÇÃO BIOTECNOLÓGICA: HISTÓRIA E INDÚSTRIA NO BRASIL

Francisco Assis de Queiroz**

I

Do ponto de vista de suas aplicações tecnológicas a biologia floresceu muito em função do imperialismo em expansão, principalmente a partir de meados do século XIX, tendo em vista o combate à malária, febre amarela, assim como o melhoramento de animais e plantas. A Grande Guerra assinala o início do que seria a moderna guerra biológica, com a utilização de gases asfixiantes, como Mussolini o fez contra os etíopes.

No entre-guerras tem início o desenvolvimento da bioquímica, visto que, em função da fome e doença causadas pela guerra, os biólogos voltam-se para a investigação dietética e antiepidêmica, tornando possível a descoberta e utilização das primeiras vitaminas e hormônios.

A Alemanha nazista dos anos 1930 até meados dos anos 1940 assinala a difusão das teorias racistas pelos nazistas fazendo ver aos biólogos, sobretudo no campo da genética, as graves implicações sociais e políticas do seu labor. Aí, médicos, antropólogos e psiquiatras a serviço do Estado, discriminavam as pessoas que mereciam viver (os arianos) ou não, baseados supostamente na genética (HUBER, 1998, p. 105). Não mereciam viver os “diferentes” na ótica da ideologia nazista, como os judeus, “doentes mentais”, “loucos”, homossexuais, ciganos, sendo, então, conduzidos para os campos de extermínio.

Talvez aqui se encontre um dos mais dramáticos momentos da relação entre a ciência e o poder político: como cientistas, médicos e intelectuais de uma das mais cultas nações do mundo de então, puderam apoiar e se tornar colaboradores daquela ideologia. Era a implementação da eugenia que vinha sendo difundida desde o século XIX, inclusive, como visto, nos Estados Unidos, conforme extensa e bem documentada análise de Edwin Black (BLACK, 2003).

Os sérios problemas decorrentes sobretudo dos crimes cometidos pelo nazismo levaram à criação do Tribunal de Nuremberg, tribunal internacional criado em 1947

* Professor de história da ciência, USP.

voltado à condenação de crimes contra a humanidade. Além disso, criou-se o Código de Nuremberg, que reúne recomendações sobre uso da biomedicina e condena qualquer tipo de experiência biomédica que não seja livremente consentida. Para garantir sua aplicação outros acordos internacionais foram criados: Helsinque (1964), Tóquio (1975), Manila (1980), além de diversos comitês de ética nacionais, regionais, institucionais. Mesmo as diretrizes dessas instâncias nem sempre foram respeitadas, como quando de experimentos realizados pelos EUA e outros países sobre tolerância à exposição de agentes químicos, biológicos e nucleares em civis e militares, implementação de programas eugênicos (GOLISZEK, 2004).

Por outro lado, na Segunda Guerra Mundial, para a proteção das forças armadas, sobretudo em áreas tropicais, assim como reduzir as conseqüências dos ferimentos dos soldados, grandes avanços são obtidos em medicina e cirurgia, como técnicas de transfusão de sangue, de cirurgia plástica, destacando-se ainda o uso de novas drogas, como a penicilina, inseticidas (DDT), estímulo à agricultura, às indústrias de transformação. Após a guerra a chamada guerra biológica sofre novo impacto resultante da produção da bomba atômica (assim como dos ensaios com a bomba de hidrogênio), exigindo estudos de venenos radioativos.

Preocupações de natureza econômica, política e ética se tornam cada vez mais crescentes, dado o poder gradativo que a ciência vai adquirindo, um poder para o mal ou para o bem e que por isso mesmo passa a ser instrumento a serviço do poder político. Isso desde o projeto Manhattan, passando pelo que Eisenhower denominou de “complexo militar-industrial (complexo militar-industrial-acadêmico).

Não é sem motivo que novas tecnologias, como a biotecnologia, para além de suas potencialidades e benefícios para a agricultura e a saúde, etc., também acabe gerando algumas suspeitas e precauções da parte de alguns especialistas e do público em geral, em relação a algumas possíveis aplicações e suas implicações, tanto do ponto de vista da própria ciência e tecnologia, quanto da economia, da ética, da cultura, etc.

Mesmo no país considerado mais democrático, os EUA, foi largamente empregada desde início do séc. XX a psicometria (tentativas de medir o desenvolvimento da inteligência). É um método concebido por Binet (1857-1911), a partir dos métodos da “craniometria” de Broca e das distinções anatômicas de Lombroso. Com o psicólogo Stern, a partir de 1912 se disseminou o emprego dos testes de QI (Quociente de

Inteligência), reforçando cada vez mais a noção da herança biológica da inteligência e, conseqüentemente, argumentos racistas e políticas discriminatórias contra negros e imigrantes:

O uso ideológico de testes psicométricos levou a um comportamento antiético. No estado da Virgínia, uma lei que só foi revogada em 1972 autorizava a esterilização de adultos considerados mentalmente deficientes, ou seja, com uma idade mental de 7, 8 ou 9 na escala de inteligência de Stanford-Binet. Em 1927, uma decisão da Corte Suprema declarava que seria melhor para todos se a sociedade pudesse evitar que os claramente incapazes se reproduzissem, em vez de ter de executar por assassínio seus descendentes degenerados ou de vê-los morrer de fome por serem idiotas (HUBER, 1998, p. 104).

Uma idéia que também praticamente atravessou o século XX foi a da hereditariedade da inteligência, que teve um retorno recente numa obra do sociólogo Charles Murray com o psicólogo Richard Herrnstein (*The Bell Curve: Intelligence and class structure in american life*, Nova York, The Free Press, 1994), em que pretendem explicar a suposta inferioridade dos negros em função da genética comportamental e testes de QI (HUBER, 1998, p. 107). *Outros autores procuram dar substância ao mito da 'elite', valendo-se da biologia e da biotecnologia. A eugenia, por exemplo, cuja história é tão velha quanto a humanidade, é o assunto de um desenvolvimento científico recente, na forma de uma ideologia discriminatória de reprodução* (HUBER, 1998, p. 107).

A força e a recorrência dessas idéias deve-se muito ainda a uma arraigada crença numa concepção mecanicista da natureza, redundando no determinismo biológico e, conseqüentemente, social, objeto de algumas importantes análises críticas (LEWONTIN, 1998; GOULD, 1999; KELLER, 2002; MAYR, 2005).

Se as diversas caracterizações do século XX tiveram como base fundamentalmente a tecnologia eletrônica, como será caracterizada a sociedade do séc. XXI? Em que medida será afetada pelo que muitos avaliam como sendo a revolução do século XXI, a “revolução biotecnológica”, que poderá configurar ou não “nosso futuro pós-humano”, expressão esta, título de outra obra do consagrado autor de “O Fim da história” (1992) [nosso futuro pós-história?], Francis Fukuyama?¹

¹ Influente intelectual norte-americano, Fukuyama foi ligado aos governos republicanos de Bush pai e Bush filho. Ex-funcionário do Departamento de Estado do governo de Bush pai, filósofo, cientista político, professor de economia política internacional na Johns Hopkins University; nomeado em 2002 para o Conselho sobre Bioética da presidência dos Estados Unidos.

Em seu livro - no qual se retrata dez anos depois do discutido e discutível *O Fim da História* - intitulado *Nosso Futuro Pós-Humano: Conseqüências da Revolução da Biotecnologia*, ele afirma que se convenceu de que a história não acabou porque a ciência não acabou. Para ele, “Grande parte da tecnologia da segunda metade do século XX, como a chamada Revolução da Informação, foi realmente propícia à difusão da democracia liberal” (p. 11). Já as conseqüências da biotecnologia podem ser problemáticas para a natureza humana, a ética, a política internacional e a democracia liberal, exigindo uma certa contenção do poder da “mão invisível”:

Que deveríamos fazer em resposta à biotecnologia, que no futuro combinará grandes benefícios potenciais com ameaças que são tanto físicas e manifestas quanto espirituais e sutis? A resposta é óbvia: deveríamos usar o poder do Estado para regulá-la. E se essa regulação se provar além da capacidade de algum Estado-nação, deverá ser feita em bases internacionais (p. 23, itálicos do autor).

II

Em que consiste essa nova tecnologia que, à maneira da nuclear ou eletrônica, desperta a possibilidade de tantos “grandes benefícios potenciais”, de um lado e, de outro, “ameaças que são tanto físicas e manifestas quanto espirituais e sutis”, nas palavras de Fukuyama? Em que medida se justifica anunciá-la como configuradora do século XXI – “o século da biotecnologia” -, ou seja, como base para transformações mais ou menos radicais em termos econômicos, sociais e culturais? Como historicamente se manipularam organismos vivos para atender às necessidades humanas de alimentação e saúde, entre outras?

Como é sabido, o cultivo de plantas era realizado desde cerca de seis mil anos a. C. no Egito, passando depois pela Suméria, Mesopotâmia, China, Índia, entre outras. Um dos mais antigos produtos da agricultura é o leite, com o qual se produziu o queijo, um dos primeiros alimentos fermentados. Datam aproximadamente dessa época a descoberta da farinha e das técnicas de panificação no Egito. Desde cerca de 3.000 a. C. o arroz e o trigo constituem-se nos principais alimentos da China e da Índia. Deve-se destacar ainda produtos da fermentação, como a cerveja (as ditas “fortes” com até 12% de álcool), o vinho, a fabricação do vinagre.

A nutrição não era constituída só por cereais (Gros, 1992, pp. 34-36). A domesticação de animais desde o início (ou antes) do neolítico (9000 a. C.) tornou possível a disponibilidade de animais para o consumo. Talvez o cachorro tenha sido o

primeiro animal a ser domesticado, sendo sua carne freqüentemente consumida pelos homens. Foram domesticados ainda a ovelha, o touro, o asno, cavalo, o camelo, entre vários outros entre entre 7000 e 2000 a. C. Alguns animais foram objeto de culto, como o touro e a vaca, esta sacralizada na Índia desde cerca de 2500 a. C. (GROS, 1992, pp.36-37).

A domesticação e cultivo de plantas foram fatores importantes para melhorar a nutrição e, conseqüentemente, a saúde. Mas outros tipos de plantas passaram a ser cultivados e utilizados desde há milhares de anos, as plantas medicinais, com vistas ao restabelecimento da saúde e bem-estar, como atestam menções em fontes sumérias, egípcias, chinesas, gregas, etc., mas que cujos usos vão se propagar sobretudo a partir da Idade Média, com o aparecimento dos primeiros herboristas no século XIII.

As navegações ibéricas levaram a Europa a descobrir no Novo Mundo e na África outras plantas, como o café e o chá, entre tantas outras. No final do século XV Paracelso generaliza o emprego de plantas medicinais, a partir de analogias entre suas características morfológicas com órgãos do corpo afetados por alguma doença.

Mudanças significativas nos usos das plantas medicinais dar-se-ão com o desenvolvimento da química, sobretudo a partir do século XIX, quando a noção de “virtudes” curativas cedem lugar à de “propriedades” (GROS, 1992, pp. 37-38). Conforme Gros, princípios ou usos de processos de fermentação, antibióticos, entre outros, são muito antigos. Mas “Pode só se pode verdadeiramente falar de empresa biotecnológica sistemática com o desenvolvimento das primeiras indústrias de fermentações nascidas por volta de meados do século XIX” (GROS, 1992, p. 39). Para Gros os antibióticos – desde o primeiro (a penicilina) descoberto por Alexander Fleming na primeira metade do século XX até os mais de 5.000 que se seguiram – constituem a “indústria biotecnológica de segunda geração”, fazendo “a fortuna de um bom número de grupos industriais, notadamente no Japão e nos Estados Unidos” (GROS, 1992, p. 42). A terceira geração das biotecnologias surge em 1973, com a descoberta da engenharia genética por Cheng, Helling, Boyer, Cohen e Berg (GROS, 1992, p. 42).

Em que consiste, então, essa nova tecnologia?² Biotecnologia “é a utilização de funções biológicas como instrumentos tecnológicos para obter bens e serviços na

² O termo “biotechnology” foi cunhado há mais tempo do que em geral muitos possam imaginar, ou seja,

indústria, saúde e agricultura” (THOMAS, 1992, p. 69). Diversas disciplinas constituem as biotecnologias. Depois dos anos 1970, a que ganhou maior destaque, passando a ter papel chave e valorizando as outras disciplinas, foi a chamada engenharia genética, que consiste numa série de técnicas de transferência e amplificação de genes. Disciplina fundamental e, talvez, mais importante, é a microbiologia, área que estuda e utiliza microorganismos, mais comumente chamados de micróbios, como bactérias, leveduras, microalgas, etc. Conforme Thomas, “Ela [a microbiologia] foi praticamente abandonada na França até meados dos anos 1970, o que criou sérias dificuldades, pois não existe uma indústria biotecnológica sem uma microbiologia forte.

A comparação entre França e Japão é instrutiva a este respeito. O Japão conta com 4000 microbiologistas doutores, contra 150 na França!” (THOMAS, 1992, p. 71). É um incômodo paradoxo que o próprio Thomas aponta, visto ser a França “o país de Pasteur, o berço da microbiologia” (p. 73). Isso, portanto, depois de cerca de cem anos de pioneirismo francês na microbiologia, com um dos nomes mais conhecidos da ciência do final do século XIX, Louis Pasteur.

Outras disciplinas fundamentais para o campo são a engenharia de proteínas, engenharia genética vegetal, imunologia e cultura de células animais. Como em outras áreas, é necessária a formação de quadros em diversos níveis: “As formações para as biotecnologias se fazem em diferentes níveis: o do trabalhador qualificado, do técnico, do técnico superior IUT, ou ainda o do BTS” (p. 82). Os países da Europa têm lançado programas de pesquisa em biotecnologia, alguns envolvendo vários países e em associação com as indústrias. Entre os primeiros estão o BEP (Biomolecular Engineering Program), de 1982, sucedido pelo BAP (Biotechnology Action Program), seguindo-se outros com orçamentos crescentes (THOMAS, 1992, p. 85).

É sempre problemático procurar se estabelecer marcos estritos em termos de periodização histórica, visto que a história é processo. Mas não se trata de um processo linear, mas mais complexo, implicando em certas rupturas e continuidades de longa e longuíssima duração. O objeto e a perspectiva de análise definirão melhor essa questão, inclusive porque a análise não prescinde de recortes e delimitação no tempo e no

no ano da revolução Russa, 1917 (Bud, 1994, p. 1), pelo engenheiro agrônomo húngaro Karl Ereky, quando a Hungria apresentava inovadores projetos na pecuária, como na criação de gado e na engorda intensiva de suínos, sua especialidade particular. “Ereky cunhou o termo como parte de um esforço destinado a superar o atraso no campo” (Ibid., p. 32).

espaço. Dessa forma, pode-se dizer que a invenção do transistor em 1947 - resultado das pesquisas dos físicos norte-americanos Walter Brattain, William Shockley e John Bardeen, nos Laboratórios Bell - seria um marco no que se chamou de revolução microeletrônica.

Quanto à chamada revolução biotecnológica, alguns poderiam estabelecer como marco a descoberta da estrutura em espiral da molécula de DNA que contém o código genético, pelo bioquímico norte-americano James Watson e pelo biofísico inglês Francis Crick, mostrada em artigo de apenas uma página da revista *Nature*, de 25 de abril de 1953.³ No entanto, é importante situar a questão em perspectiva mais ampla, recuando à década de 1910, na qual a própria palavra biotecnologia foi cunhada.

Apesar do desenvolvimento comercial lento, as palavras e discursos do período em torno da Primeira Guerra Mundial evocou muitos dos sentimentos que seriam familiares ao longo do século XX: em particular, a possibilidade de uma biotecnologia distinta. Esta estava sendo descrita como a tecnologia do futuro por Ereky, enquanto outros viam a fabricação de produtos químicos através de microorganismos como uma alternativa à indústria química centrada na transformação de alta energia do carvão e do petróleo. A utilização de excedentes agrícolas foi repetidamente expressa (BUD, 1994, p. 50).

Mas do ponto de vista tecnológico, de implicações governamentais, econômicas, éticas e sociais, o ponto de inflexão foi o início dos anos 1970. Foi em 1973-1974 que Stanley Cohen, de Stanford, e Herbert W. Boyer, da Universidade da Califórnia, desenvolveram um importante processo de biologia molecular, de junção e clonagem de DNA de diferentes espécies, que ficou conhecido como tecnologia de DNA recombinante. Tal processo mostrou ser mais do que uma nova e revolucionária descoberta no campo da biologia. Logo se vislumbrou seu potencial em termos de aplicações comerciais, levando para os laboratórios acadêmicos controvérsias para além daquelas mais estritamente científicas, de certa forma uma novidade para uma área do conhecimento até então em relativa distância das questões mais imediata e diretamente afeitas à produção para o mercado.

³ Mas talvez nenhum fato científico nas últimas décadas tenha sido mais ansiosamente aguardado e retumbantemente anunciado quanto a conclusão do Projeto Genoma Humano pelos governos inglês e americano em 26 de junho de 2000. São novas realizações que têm apontado para novas promessas, não obstante a manutenção de grandes disparidades em termos de pesquisa, investimentos, distribuição de indústrias, etc., refletindo apenas a divisão geoeconômica do mundo

Tendo como base a manipulação do DNA, a biotecnologia constituir-se-á a partir daí num poderoso complexo científico e industrial. Esse parece ser, para muitos, o ponto de inflexão nos desenvolvimentos das biociências, inclusive por seus impactos econômicos, sociais, nas relações da pesquisa com a indústria e na própria constituição, pela primeira vez nessa área de conhecimento, de grandes indústrias, além de questões políticas, éticas, etc. Quanto à indústria, Sautier afirma que “As biotecnologias não são portadoras de uma indústria nova; elas não vão criar mas somente modificar, perturbar, pode ser, setores econômicos existentes, como as indústrias da saúde, agroalimentar e agricultura. (...). Em resumo, não se trata de uma indústria nova, mas de inovações que vão perturbar grandes setores de atividades” (SAUTIER, 1992, pp. 88-89).

Em outra perspectiva, a da relação da pesquisa com o mercado, contestando historiadores que têm “ênfase em continuidades entre a moderna biotecnologia baseada no DNA e a anterior pesquisa biológica orientada comercialmente”, Sally S. Hughes afirma:

Enquanto eu concordo que algumas continuidades existem, a atividade comercial na biologia em biologia molecular era, até recentemente, episódica e geralmente não representativa de uma disciplina fundamentalmente focada em problemas básicos” (Hughes, 2001, p. 543). Esta autora analisa as controvérsias e implicações que se estenderam por seis anos desde que as universidades Sanford e da Califórnia solicitaram, em 1974, a patente sobre a tecnologia de DNA recombinante desenvolvida por Cohen e Boyer até sua emissão pelo Escritório de Patentes dos Estados Unidos em 2 de dezembro de 1980, “a primeira mais importante patente na nova biotecnologia (HUGHES, 2001, p. 541).

Deve-se notar que as universidades acima referidas tiveram papel destacado na gênese e desenvolvimento da indústria eletrônica no mais famoso pólo de alta tecnologia do mundo, o Vale do Silício, na Califórnia, cuja constituição vem de meados do século XX. As forças sociais que estão na origem e dão sustentação ao vertiginoso desenvolvimento desses processos no campo da microeletrônica possuem interesses e objetivos bem delimitados, ligados à manutenção do poder militar, econômico e político.

Na verdade, a conexão entre defesa (setor militar) e indústria eletrônica existe desde os primeiros estágios dessa indústria, intensificando-se a partir dos anos 1950 e 1960. Nessa década o mercado governamental americano representava cerca de 90% do mercado de semicondutores dos EUA.

A discussão sobre a patente e os usos comerciais da biologia molecular insere-se no debate mais amplo, nos anos 1970, do papel das diversas áreas da ciência e

tecnologia na economia nacional norte-americana, seu financiamento, a questão de certa tradição da pesquisa chamada pura e da educação em relação a pressões de mercado, regulação, questões éticas, etc. É nessa época, aliás, que os EUA estão vendo o Japão quase encostar na sua até então inquestionável liderança naqueles setores.

Na década de 1980, no governo Ronald Reagan (1981-1989) ocorre um processo de remilitarização das indústrias de *high-technology* nos EUA, embora o setor militar tenha sido sempre um dos suportes daquelas indústrias, sobretudo a partir da Segunda Guerra. Um relativo estado de bem-estar (*welfare state*) passa a disputar com o alto custo de um verdadeiro estado de guerra (*warfare state*), cuja fronteira foi o programa tecnológico-militar empreendido pela administração Reagan em 1983, o *Strategic Defense Initiative* (SDI), popularmente conhecido como Guerra nas Estrelas (*Star Wars*). Embora a Casa Branca e o Pentágono insistissem no caráter não nuclear do programa (para ganhar votos e apoio popular), existia um componente nuclear no mesmo, ou seja, em torno de 10% do orçamento era para o desenvolvimento de armas atômicas, além do desenvolvimento de outras tecnologias, como supercomputadores objetivando maiores progressos em inteligência artificial, satélites de comunicação, novas armas, microeletrônica, etc. (CASTELLS, p. 278 e 281).

Além de semicondutores, as administrações de Jimmy Carter (1977-1981) e Reagan voltaram-se para a tecnologia de DNA recombinante buscando fortalecer a liderança econômica e tecnológica do país (HUGHES, 2001, p. 544). Para tanto, buscou-se estimular a colaboração entre as universidades e indústrias, o empreendedorismo acadêmico, a política de patenteamento, enfim, buscou-se encorajar o desenvolvimento comercial do novo campo da biotecnologia. Como resultado, em 1980 as universidades possuíam títulos de cerca de 150 patentes, chegando ao expressivo número de 1600 em 1990 (HUGHES, 2001, p. 570).

Algumas questões se apresentavam aos próprios envolvidos nessas pesquisas. Como patentear genes, células, órgãos, tecidos, ou mesmo outros elementos da natureza, como os elementos químicos? Esses elementos não são fabricação humana. Identificar e conhecer suas propriedades químicas e biológicas não é inventar e não pareciam justificar processo de patenteamento.

Dessa forma, uma carta aberta foi publicada em 26 de julho de 1974 por onze cientistas pioneiros da biologia molecular propondo a seus colegas uma moratória nos

experimentos de DNA recombinante, no sentido de uma melhor discussão quanto a aspectos de segurança nas pesquisas da área. Uma conferência foi realizada em fevereiro do ano seguinte em Asilomar, na Califórnia, para avaliar, então, os riscos, para o meio ambiente e a saúde, dos experimentos em DNA recombinante. 140 pesquisadores (biólogos, médicos) de quase vinte países participaram do encontro. No final estabeleceram algumas medidas gerais de precaução contra riscos, além de um novo conceito, o de “limitador biológico”, com acordo sobre o uso da bactéria *E. coli* em suas experiências com DNA, visto a mesma não representar maiores problemas quanto à segurança (HUGHES, 2001, pp. 554-555; RIFKIN, 1999, pp. XIV-XV).

Assim, a primeira empresa privada de engenharia genética – a primeira empresa na área de biotecnologia do mundo -, fundada em abril de 1976 para explorar a nova tecnologia de DNA recombinante, foi a Genentech (*Genetic Engineering Technology*), iniciativa de Herbert Boyer junto com Robert Swanson, um jovem capitalista disposto a investimentos financeiros de alto risco.⁴ Mas

A demarcação e a privatização do domínio genético do planeta iniciaram-se em 1971, quando Ananda Chakrabarty, microbiologista indiano, na época funcionário da General Electric (G.E.), solicitou concessão de patente, junto ao PTO (U.S. Patents and Trademark Office, Instituto Nacional da Propriedade Industrial dos Estados Unidos), para um microrganismo geneticamente construído, projetado para devorar derramamentos de óleo nos oceanos. O PTO recusou a concessão, alegando que seres vivos não são patenteáveis, de acordo com a Lei de Patentes norte-americana [esse órgão depois mudaria radicalmente sua posição, passando a conceder amplas patentes no âmbito da biotecnologia]... (...). Em 1980 [depois de outras disputas judiciais, até a apelação à Suprema Corte norte-americana], por uma estreita margem de cinco a quatro, os juízes decidiram em favor de Chakrabarty, concedendo patente à primeira forma de vida geneticamente construída. (...). Essa decisão forneceu importante fundamento legal para a privatização e comercialização do domínio genético. (...). Wall Street estava tão ansiosa para financiar a revolução biotecnológica que, quando a primeira empresa privada de engenharia genética ofereceu suas ações aos investidores, a comunidade financeira lançou-se em uma verdadeira corrida para adquiri-las. Em 14 de outubro de 1980, apenas alguns meses após a Suprema Corte ter aberto o caminho para a exploração comercial da vida, a Genentech ofereceu mais de um

⁴ O objetivo inicial era produzir em quantidades industriais a insulina humana, proteína para o tratamento de portadores de diabetes que, até então, vinham sendo tratados com a insulina de animais domesticados (porcos e vacas), visto que nos mamíferos os níveis de açúcar no sangue têm uma regulação mais ou menos parecida. A descoberta do papel da insulina nessa regulação, em 1921, foi crucial para o tratamento da até então letal diabetes do Tipo I (de pacientes cujo corpo não produz a proteína insulina), assim como para o controle em pacientes portadores de diabetes Tipo II (que produzem insulina em quantidade insuficiente). A insulina proveniente de animais trazia o risco de provocar alergias nos portadores de diabetes, inconveniente que a biotecnologia resolveria ao fornecer-lhes a própria insulina humana (WATSON, 2005, pp. 128-129).

milhão de ações de seu capital, a 35 dólares cada. Nos primeiros vinte minutos das negociações, as ações subiram para 89 dólares. Quando as operações se encerraram, no final da tarde, a novata empresa de biotecnologia havia levantado 36 milhões de dólares e era avaliada em 532 milhões. O mais impressionante é o fato de a Genentech não ter ainda lançado um único produto no mercado (RIFKIN, 1999, pp. 44-46; HUGHES, 2001, p. 569).

Mas o presente e o futuro apontavam para um negócio promissor. Para tomar o exemplo referido da Genentech, “Com estimados 8 milhões de diabéticos somente nos Estados Unidos, a insulina prometia ser uma mina de ouro biotecnológica” (WATSON, 2005, p. 129).

Crises econômicas afetam, de uma forma ou de outra, todos os setores, não sendo diferente à nova e promissora bioindústria. A quebra da Bolsa de Nova York em outubro de 1987 afetou de maneira decisiva empresas de biotecnologia. A Genentech teve o valor de suas ações reduzido em três quartos entre março de 1987 e novembro de 1988. Com capital reduzido as empresas reduziram seus programas de P e D e se fundiram ou aliaram com grandes grupos farmacêuticos ou químicos. É o caso da Genentech, praticamente absorvida pela multinacional farmacêutica suíça Roche em 1990, mas tendo à sua disposição 600 milhões de dólares para o desenvolvimento de seus produtos (JORLAND, 1992, p. 16). Apesar disso, os Estados Unidos possuem mais de três mil empresas de biotecnologia, muito à frente de seus principais concorrentes da Europa ou da Ásia.

Jeremy Rifkin apresenta alguns problemas bastante pertinentes quanto à chamada revolução biotecnológica, buscando vislumbrar possíveis desenvolvimentos e impactos relativos às possíveis descobertas e usos daquela tecnologia. Seu olhar futurista parece exagerar as potencialidades e os mesmos impactos da tecnologia. Uma melhor calibragem do olhar sobre o passado e o presente dificilmente levaria a se atribuir mudanças tão drásticas dentro, por exemplo, de um período de duas décadas e meia, como a de que “... nós e nossos filhos poderemos estar vivendo num mundo totalmente diferente de qualquer coisa que os humanos já vivenciaram no passado. Em pouco mais de uma geração, nossa definição de vida e o significado da existência estarão radicalmente alterados” (RIFKIN, 1999, p. 1).

Isso poderia se dar por algum cataclisma planetário, mas é pouco provável que possa ser deduzido de meras tendências científicas e tecnológicas contemporâneas, por mais profundas e revolucionárias que sejam. Elas são importantes e devem ser

analisadas nas suas implicações sociais, econômicas, políticas, etc., considerando que estão também dialeticamente inter-relacionadas com essas outras variáveis. De qualquer forma, se for assim, será mais um golpe no narcisismo da espécie humana, que parece ter assimilado razoavelmente bem os outros que lhe foram infligidos, desde Copérnico no século XVI, seguido por Darwin (e Marx) no XIX e Freud na passagem do século XIX para o XX, como lembrava o mesmo Freud.⁵ Um descontínuismo histórico um tanto radical obscurece o fato de que a história é processo e que discontinuidades e rupturas também não acontecem por geração espontânea.⁶

Cientistas, indústrias e governos têm exaltado e propagado os possíveis benefícios das descobertas da nova tecnologia de manipulação do código genético, entusiasmo em grande medida absorvido por Rifkin, não obstante suas críticas. Na verdade, ele parece exacerbar os supostos benefícios – para então temer - com base em diversos relatos de pesquisas iniciadas, não conclusivas, suposições, projeções... Sua crítica da biopirataria parece bastante pertinente.

Para alguns segmentos relacionados a políticas e academias as aplicações da biotecnologia passaram a se apresentar como uma grande oportunidade para o aumento da produção agrícola, tendo em vista a escassez provocada pelo esgotamento dos efeitos do processo de difusão tecnológica no setor agrícola, dos EUA para os países subdesenvolvidos em meados dos anos 1960 – incluindo a disseminação de insumos químicos, máquinas, sementes melhoradas, etc. – processo chamado de “revolução verde”. Esta acabou se concentrando na produção de produtos de exportação, mantendo ou aumentando a dependência dos países do Terceiro Mundo, de produtos importados. Além disso, o alto custo dessa tecnologia levou à necessidade crescente de endividamento e não aumentou a disponibilidade de alimentos nos países subdesenvolvidos (CÂMARA, 1984, pp. 35-36).

Iniciada na década de 1960, com a implantação, sob controle do capital estrangeiro, da instalação e consolidação da indústria de bens de produção agrícola

⁵ James Watson, um dos descobridores da dupla hélice do DNA em 1953 retoma essa linhagem ao afirmar, a propósito daquela descoberta: “A jornada intelectual, que começara com Copérnico retirando os seres humanos do centro do universo e prosseguiu com Darwin insistindo que os seres humanos são meros macacos modificados, finalmente chegara à própria essência da vida... A dupla hélice é uma estrutura sucinta, mas sua mensagem não poderia ser mais prosaica: a vida é uma simples questão de química” (WATSON, 2005, pp. 12-13)

⁶ Numa mesma página Rifkin usa “Nunca antes na história...” e “Diante de nossos olhos, um cenário nunca antes contruído, cujos contornos estão surgindo...” (RIFKIN, 1999, p. 1).

(tratores, implementos, fertilizantes e defensivos), a “revolução verde” coincide com a chamada “modernização conservadora”, na medida em que aumenta a produção agrícola sem tocar na estrutura fundiária do país (Gomensoro, 1984, pp. 42-43; Palmeira, 1989, p. 87).

Herdeira das promessas da “revolução verde”, a biotecnologia aplicada à agricultura também já produz em escala alimentos transgênicos (modificados geneticamente), objeto de controvérsias literalmente continentais, sob os aspectos econômicos, de saúde, ambientais, etc.

Enquanto países desenvolvidos como Estados Unidos, Alemanha e Inglaterra são potências também na área da biotecnologia médica (chamada também de “vermelha”), o Brasil tem se saído melhor no setor da biotecnologia vegetal (ou “verde”), como atestado pelo relativo sucesso dos programas do álcool combustível extraído da cana, entre outros. Mas foi em janeiro de 2000 que se assinalou um novo marco na ciência brasileira e sua mais retumbante repercussão internacional. Foi quando, pela primeira vez no mundo, se completou o sequenciamento genético de um fitopatógeno, o da bactéria *Xylella fastidiosa*, causadora da clorose variegada dos citros (CVC), mais conhecida como a praga do amarelinho da laranja, que também já se propagava para o café.

Iniciado em 1997, este projeto do genoma do amarelinho – talvez o maior projeto científico empreendido no país - envolveu 35 laboratórios e mais de uma centena de pesquisadores do estado de São Paulo, com financiamento da FAPESP e participação do Fundecitrus (Fundo de Defesa da Citricultura), ao custo total de cerca de 12 milhões de dólares

Os resultados do projeto foram publicados na edição de 13 de julho de 2000 da *Nature* (*Nature*, vol. 406, 13 jul. 2000), uma das mais conceituadas revistas científicas do mundo e que, pela primeira vez, em seus mais de cem anos, deu destaque de capa à pesquisa realizada por um grupo brasileiro. [Em 26 de junho de 2000 foi anunciada a conclusão do Projeto Genoma Humano pelos governos inglês e americano].

Embora não de maneira inteiramente adequada, mas um tanto estereotipada – e mostrando exatamente o reconhecimento pelo feito brasileiro -, a prestigiosa revista inglesa *The Economist*, de 20 de julho, afirmava: “Samba, futebol e... genômica. A lista de coisas pelas quais o Brasil é reconhecido subitamente ampliou-se”. *Le Figaro*

destacou, entre outras coisas, o fato de o Brasil situar-se hoje entre as potências da área, que inclui EUA, Grã-Bretanha, França, Japão e Alemanha.

Esse é apenas um exemplo de nossa história recente, de como a ciência e tecnologia desenvolvidas no Brasil estão em estreita relação com as realizações dos chamados países desenvolvidos, matrizes onde foram gestadas as principais inovações em C e T. A pergunta aqui é: por que a permanência ainda hoje de um estereótipo de longa duração, o de samba e futebol, pelo qual “o Brasil é reconhecido”? Mesmo entre nós, qual é o conhecimento que pessoas razoavelmente escolarizadas têm, p. ex., das contribuições do país para a história da ciência nacional e internacional?

O problema daquela frase é menos o que revela e mais o que ela oculta, ou seja, o fato de que o Brasil possui ciência competitiva que não é de agora. Para a revista *The Economist* é como se só a partir do séc. XXI passou a existir atividade científica no Brasil, reforçando o desconhecimento (além de preconceito) da significativa produção científica e tecnológica que o país vem acumulando ao longo, sobretudo, dos dois últimos séculos.

Mas como em outras áreas, estudos apontam para a manutenção de grandes disparidades em termos de pesquisa, investimentos, distribuição de indústrias, etc., refletindo apenas a divisão geoeconômica do mundo.

III

Estudo da Fundação Biominas, de 2007, identificou no Brasil 181 empresas de biociências (ciências da vida), sendo 71 empresas de biotecnologia. Estas foram divididas em sete setores, como agricultura, bionergia, insumos, meio ambiente, saúde animal, saúde humana e misto, sendo a maioria de empresas de agricultura e insumos, seguidas por saúde animal e humana. Cerca de 70% das empresas do setor tinha no máximo 10 anos de idade e 75% delas era de micro e pequenas empresas, com faturamento anual máximo de um milhão de reais. A maioria apresenta localização na região sudeste, com destaque para São Paulo (42,3%) e Minas Gerais (29,6%), destacando-se a cidade de Belo Horizonte e entorno como espaço de maior concentração de empresas do setor no país, com 15,5% (Fundação BIOMINAS, 2007).

O Estudo de 2009 amplia a análise para o setor de biociências, entendendo-o como mais inclusivo das atividades da área no Brasil⁷. Foram identificadas 253 empresas privadas de biociências no país, sendo 43% de biotecnologia. A região Sudeste concentra 71,9% das empresas de biociências, com destaque para São Paulo (37,5%) e Minas Gerais (27,7%), seguindo-se a região Sul com 15%, Nordeste com 6,3%, Centro-Oeste com 5,1% e Norte com apenas 1,5% das empresas⁸. Entre as principais áreas de atuação estão Saúde Humana (30,8%) e Agricultura (18%), seguidas por Insumos (16%), Saúde Animal (14%), Misto (8,8%), Meio Ambiente (8%) e Bionergia (4,4%). A maior parte do setor é constituído de micro e pequenas empresas, das quais 47,7% com menos de 10 funcionários e 72,7% com menos de 20, sendo que 67,7% surgiram na última década, com 83 novas empresas criadas nos últimos cinco anos. Em 2008, 44,4% das empresas gerou receitas de até um milhão de reais e 17,3% ainda não havia obtido faturamento. (Fundação BIOMINAS, 2009, pp. 5-17). Quanto ao emprego, estima-se em 6.000 o número de funcionários nas indústrias de biociências no Brasil, dos quais 22,4% com curso superior e 16,1% com título de pós-graduação (Ibid., p. 21).

As empresas de biotecnologia ou, em sentido mais amplo, de biociências, são fundamentalmente dependentes de pesquisa e conhecimento científico para o desenvolvimento de sua produção, prestação de serviços e inovação. Não por acaso, 73% delas estabelecem parcerias com universidades e outras instituições científicas e tecnológicas. Entre outros dados apresentados pelo Estudo, destaca-se que apenas 11,2% das empresas nacionais de biociências apresenta atividade exportadora mais efetiva, enquanto para 22,4% tal atividade é mais esporádica. Declararam se beneficiar de políticas públicas 68,4% das empresas, incluindo subvenções (48,4%), crédito facilitado (9,5%) e isenção fiscal (5,3%). Além disso, o governo aparece como principal fonte alternativa de recursos ao capital pessoal para financiamento de novas empresas, estando na origem de 22,9% das empresas (Fundação BIOMINAS, 2009, pp. 6-7).

⁷ “O conceito de biociências foi adotado porque permite incluir na análise segmentos com importância crescente no Brasil, tais como serviços de validação de novos medicamentos (ensaios pré-clínicos e clínicos) e o desenvolvimento de dispositivos médicos de última geração, que não se enquadrariam na definição estrita de biotecnologia, conforme exposto anteriormente” (Fundação BIOMINAS, 2009, p. 10).

⁸ Chama a atenção esse baixo número de empresas de biociências na região Norte, considerando o enorme potencial da biodiversidade amazônica (cf. Fundação BIOMINAS, 2009, p. 13).

Voltamos a enfocar o setor que é objeto de nossa análise, qual seja, o da biotecnologia propriamente dita. Segue-se um panorama do mesmo no Brasil, tomando como base ainda o referido estudo da Fundação BIOMINAS publicado em 2009. Este identificou 110 empresas de biotecnologia em 15 estados do país. Elas estão em grande medida concentradas na região Sudeste (72,7%), seguida pela região Sul (13,6%), Nordeste (7,3%), Centro-Oeste (5,4%) e Norte (0,9%). A distribuição por estado mostra que o maior número de empresas de biotecnologia encontra-se em São Paulo (39,1%) e Minas Gerais (23,6%), seguidos por Rio de Janeiro (9,1%) e Rio Grande do Sul (7,3%). Diferentemente do grande grupo de biociências, em biotecnologia a maior concentração de empresas está na área de Agricultura (26,4%), seguida pela de Saúde Humana (20%), Meio Ambiente (16,4%), Insumos (15,5%) e Saúde Animal (14,5%). Vale destacar que, como vimos acima, no setor mais abrangente das biociências já era muito reduzida a participação da região Norte, com 1,5% das empresas, em biotecnologia o número de mero 0,9% (1 empresa no estado do Amazonas) é ainda mais preocupante, considerando a enorme biodiversidade da região (Fundação BIOMINAS, 2009, pp. 21-22).

Como se situa o Brasil no contexto internacional de empresas do setor? Com suas 110 empresas de biotecnologia, o Brasil está à frente de países como a Irlanda (100 empresas), República Tcheca (82), África do Sul (78) e Portugal (52), mas bem atrás de Estados Unidos (3301), Japão (1007), França (824), Coreia (773), Espanha (659) e outros (cf. Fundação BIOMINAS, 2009, p. 23 e OECD, *Biotechnology statistics database*, January 2009, p. 15). Segue um quadro do panorama geral do setor.

Número de empresas de biotecnologia (2006)

União Européia (média, 1)..	3.377
Estados Unidos	3.301
Japão (2005, 2)	1007
França	824
Coréia	773
Espanha	659
Alemanha (2007)	587
Austrália	527
Holanda (2005)	364
Noruega (2005)	173
Suíça (2004)	156
Itália	146
Bélgica	145
Finlândia (2007)	141
Nova Zelândia (2007, 3)	135
Áustria	121
Suécia (2007)	113
Irlanda	100
República Tcheca (2007).....	82
África do Sul	78
Portugal (2005)	52
República Eslovaca	27
Filipinas (4)	25
Polônia (2007)	11
Eslovênia (4).....	4

(1) Número verdadeiro subestimado. Inclui apenas os países europeus para os quais havia dados disponíveis.

(2) Número verdadeiro superestimado. Inclui empresas que só atuam no setor de biotecnologia tradicional. Podem incluir empresas que atuam em biotecnologia, mas que não desenvolvem inovações em biotecnologia.

(3) Número verdadeiro provavelmente superestimado.

(4) Número verdadeiro provavelmente subestimado.

Fonte: OECD, *Biotechnology Statistics Database*, January 2009.

Os EUA tem o maior número de empresas dedicadas à pesquisa e desenvolvimento (P & D) no setor de biotecnologia (2.744), seguidos pelo Canadá (532), Alemanha (496) e França (461). Outros 14 países que apresentaram dados da União Européia tem o total de 2.075 empresas (OECD, 2009, p. 16).

Quanto ao número de funcionários, o mais abrangente setor de biociências no Brasil contava com estimados 6.000 funcionários. Em contrapartida, apenas nas indústrias de P & D em biotecnologia é o seguinte o número de empregos apresentados em outros países em 2006 (cf. OECD, 2009, p. 43):

Estados Unidos.....1.360.000	Alemanha (2007).....14.360
França..... 237.244	Áustria10.161
Coréia..... 130.767	República Tcheca (2007)....9.329
Canadá (2005)..... 86.889	Portugal (2005)5.258
Espanha..... 65.118	Irlanda (2005)1.151
Itália..... 43.021	África do Sul765
Finlândia (2007)..... 34.510	Filipinas663
Austrália.....18.719	Polônia (2007)11
Bélgica..... 17.208	

Do conjunto de todos os países, 45% de suas empresas de biotecnologia atuam no setor de saúde, 11% em agricultura, 10% no processamento de alimentos e bebidas, 8% em ambiente, 6% em processamento indústria, 5% em bioinformática, 2% em recursos naturais e 13% na categoria “outros”. Em cinco países ultrapassa os 50% as empresas de biotecnologia voltadas para aplicações em saúde: Polônia (100%), Suécia (89%), Áustria (80%), Canadá (58%) e Bélgica (53%). No setor da agricultura tem atuação são mais destacadas as atuações de Filipinas (38%), África do Sul (37%) e Brasil (23%), enquanto com menos de 10% aparecem Bélgica (9%), Alemanha (5%) e Áustria (4%) (OECD, 2009, P. 56). Os países mais desenvolvidos destacam-se nas indústrias mais voltadas para a saúde, com reduzido número daquelas relacionadas à agricultura. Quanto a esta, concentra o maior número de empresas nos países menos desenvolvidos e nos quais a agropecuária está entre os mais importantes setores da economia.

Nesses países é que se encontram as maiores áreas plantadas com culturas resultantes de desenvolvimentos biotecnológicos, os chamdos organismos geneticamente modificados (OGM), não obstante resultados de pesquisas desenvolvidas em laboratórios de empresas multinacionais, particularmente norte-americanas, como é o caso da soja da Monsanto, bem como insumos para a produção.

Percentual de toda a terra arável plantada com culturas geneticamente modificadas, 2008⁹:

Paraguai..... 89	África do Sul.....12
Argentina..... 75	Filipinas.....7
Uruguai51	Índia..... 5
Estados Unidos.....36	China..... 4
Brasil..... 27	Espanha..... 0,7
Bolívia..... 20	Austrália..... 0,4
Canadá17	México..... 0,4

“A soja, juntamente com o trigo, o arroz, o milho e a canola (alimentos), além do algodão, são as plantações que mais tem utilizado a biotecnologia do DNA recombinante. Dados do Serviço Internacional para a Aquisição de Aplicações Agrobiotecnológicas (ISAAA, na sigla em inglês) apontam o crescimento nos últimos anos da quantidade mundial de produtos transgênicos e dos países que adotam essa tecnologia. No período 1996-2003, a área global de plantações transgênicas cresceu 1,7 milhão para 67,7 milhões de hectares. Em 2004, essa área passou para 81 milhões de hectares, correspondendo aproximadamente a 8,25 milhões de agricultores de 17 países, sendo que 90% são de países em desenvolvimento (ISAAA, 2004; 2005)” (SANTOS, 2006, p. 102).

No Brasil ações importantes por parte do governo no sentido de não aumentar o isolamento em relação aos desenvolvimentos das tecnologias biológicas nos países desenvolvidos começaram a ganhar impulso no início da década de 1980. O empresariado, igualmente, começa a atentar para a situação.

Em 1982 a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) inicia pesquisas voltadas para a biotecnologia, criando em 1986 um centro de biotecnologia, com trabalhos de desenvolvimentos sobre aumento de potencial nutricional de legumes, obtenção de plantas com maior resistência a herbicidas e doenças como viroses, entre outras.

⁹ GM hectares: Clive James, 1997,1999 ‘Global Review of Transgenic Crops’, ISAAA Briefs, The International Service for the Acquisition of Agri-biotech applications (ISAAA), Ithaca New York; Clive James (2004, 2005, 2006, 2007, 2008), ‘Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops’, ISAAA, Ithaca, New York. Total arable land: World Bank (2009), World Development Indicators Database, cf. OECD, 2009, p. 77.

Uma série de iniciativas foram tomadas ainda na área governamental. Com gerenciamento da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), foi criado o Programa Nacional de Biotecnologia (Pronab) em 1981 que, se não deu maiores resultados tangíveis, consolidou alguns grupos fortes em biologia celular e molecular básica e aplicada, além de mostrar o caráter estratégico da biotecnologia para o país. Outro passo no âmbito governamental no sentido de conferir competitividade a setores tecnológicos de ponta foi o Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PADCT), que iniciou experimentalmente em 1984, tendo depois sua implantação efetiva para o período de 1985-1990, renovando-se para o quinquênio seguinte (1990-1995). Como geralmente acontece, seus resultados ficaram aquém dos projetados, devido a problemas, entre outros, de liberação de recursos governamentais.

Outras iniciativas paralelas surgidas quando da transição do governo militar para o civil foi a criação, no governo Sarney, do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT) em 1985. Entre as áreas de competência ou atribuições do MCT estavam a mecânica de precisão, informática, química fina, novos materiais e biotecnologia, entre outras. Nesse período foi criado o Centro Brasileiro-Argentino de Biotecnologia (CBAB/Cabbio) e o Programa Recursos Humanos para as Áreas Estratégicas (RHAE), que não deixaram de ser afetados pelas instabilidades institucionais, como a do referido Ministério que no mesmo mandato presidencial foi criado, extinto e reativado ao final, em 1989. Algumas empresas foram criadas no início dos anos 1980 e logo tiveram suas atividades suspensas. Apesar de esforços para aglutinar os interesses do setor, sobretudo com a criação da Associação Brasileira de Empresas de Biotecnologia (Abrabi) em 1986, no período os empreendimentos careciam de recursos e escala, como exigem setores intensivos em capital e pesquisa.

Entre os produtos gerados pelas pesquisas biotecnológicas e que nos últimos anos se tornaram objeto de muitas discussões estão os chamados organismos geneticamente modificados (OGM), plantas ou animais. Em 1986 iniciaram-se nos EUA e França os primeiros experimentos de campo com plantas geneticamente modificadas. Em 1994 teve início a comercialização de tomate produzido com técnicas da engenharia genética pela empresa norte-americana Calgene. Dezenas de culturas (milho, soja, tomate, algodão etc.) foram testadas em milhares de experimentos realizados em vários países entre 1986 e 1995,

dotando-os de novas características genéticas, como resistência a herbicidas, insetos, vírus, entre outras.

Já a resistência contra o cultivo de transgênicos tem sido grande em países da União Européia, desconfiados ou precavidos em relação a possíveis efeitos ambientais e sanitários adversos desses novos organismos. Um dos primeiros produtos desenvolvidos pela biotecnologia vegetal foi a soja Roundup Ready, resistente ao herbicida glifosato, a soja e o herbicida produzidos e comercializados pela multinacional norte-americana Monsanto. Esse tipo de soja transgênica é o único aprovado para importação e processamento pela União Européia que, não obstante, veta inteiramente o seu cultivo.

A saúde é outro campo com grande potencialidade para as pesquisas biotecnológicas. Entre os exemplos podem-se citar o isolamento, pela primeira vez no país, do vírus HIV, realizado pela Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) em 1987. Em 1989 a mesma Fiocruz identificou e sintetizou pioneiramente um antígeno – substância ativadora do sistema imunológico – específico para o parasita causador da doença de Chagas. O Instituto Butantan, por sua vez, inaugurou seu Centro de Biotecnologia para a Saúde em 13 de janeiro de 1988.

Na verdade, o Brasil tem desenvolvido, desde os pioneiros Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), Instituto Biológico de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (Esalq/USP) e outros, considerável competência em biotecnologia vegetal, assim como a voltada para a saúde humana nos referidos institutos, entre várias outras instituições acadêmicas e empresariais. Como nos demais setores em que existe uma importante competência na pesquisa básica e aplicada, o maior desafio é o da capacidade de combinar a pesquisa com o desenvolvimento industrial que redunde em efetiva transferência de riqueza e qualidade de vida para a maioria. Isso, por sua vez, não é uma coisa simples, tendo em vista a concentração do setor em número relativamente pequeno de grandes conglomerados multinacionais.

BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, Anna Luiza Ozorio de (Coord.). *Biotechnologia e Agricultura: Perspectivas para o Caso Brasileiro*. Rio de Janeiro: Vozes/Biomatrix, 1984.
- BLACK, E. *A Guerra contra os Fracos*. São Paulo: Girafa Editora, 2003.
- BRZEZINSKI, Zbigniew. *América: Laboratório do Mundo: A Era Tecnocrônica & o Desafio Universal*. Traduzido por J. A. Fortes; Rio de Janeiro: Ed. Artenova, 1971 (original norte-americano: *Between Two Ages: America's Role in the Technetronic Era*, 1969; trad. francesa: *La Révolution Technétronique*, Paris, 1970).
- BUD, Robert. *The Uses of Life: A History of Biotechnology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.
- CÂMARA, Alcino Ferreira. "O Processo de Modernização da Agricultura". In: ALMEIDA, A. L. O. de (Coord.). *Biotechnologia e Agricultura...*, 1984.
- CASTELLS, Manuel. *The Informational City: Information Technology, Economic Restructuring and the Urban-Regional Process*. Blackwell, Oxford UK & Cambridge USA, 1994.
- FUKUYAMA, Francis. *Nosso Futuro Pós-Humano: Conseqüências da Revolução da Biotechnologia*. Trad. de Maria Luiza X. de A. Borges; Rio de Janeiro: Rocco, 2003.
- FUNDAÇÃO BIOMINAS. *Estudo de Empresas de Biotechnologia do Brasil*; Minas Gerais, 2007. In: http://win.biominas.org.br/estudobio/estudo/download/resumo_estudo_biominas_2007.pdf.
- FUNDAÇÃO BIOMINAS. *Biotechnologia no Brasil*. In: <http://win.biominas.org.br/biominas2008/content7.asp?id=91&versao=1&template=7&menu=1&area=4>
- FUNDAÇÃO BIOMINAS. *Estudo das Empresas de Biociências Brasil 2009*: In: <http://win.biominas.org.br/biominas2008/File/estudo%20setorial%20site.pdf>
- GASSEN, Hans Günter. "Biotechnologia para Países em Desenvolvimento". In: GASSEN, H. G. et. al. *Biotechnologia em Discussão* (Cadernos Adenauer 8). São Paulo: Fundação Konrad Adenauer, 2000, pp.9-18.
- GOLISZEK, Andrew. *Cobaias Humanas: A história secreta do sofrimento provocado em nome da ciência*. Trad. de Vera de Paula Assis; Rio de Janeiro: Ediouro, 2004.
- GOMENSORO, Sônia C. M., "A Implantação e Consolidação do 'Pacote' Tecnológico de Insumos e Máquinas no Brasil". In: ALMEIDA, *Biotechnologia e Agricultura...*, 1984.
- GOULD, cf. nota...
- GROS, François. "Histoire des Biotechnologies". In: JORLAND, Gérard (Dir.). *Des Technologies pour Demain: Biotechnologies, Fusion Nucléaire, Laser, Supraconducteurs*. Paris: Éditions du Seuil, 1992, pp. 31-43.
- HUBER, Gérard "Desvio Ideológico e Proteção Ética". In: MAYOR, Federico e FORTI, Augusto. *Ciência e Poder*; trad. de Roberto Leal Ferreira, Campinas, SP: Papirus; Brasília: CNPq; UNESCO, 1998.
- HUGHES, Sally Smith. "Making Dollars Out of DNA: The First Major Patent in Biotechnology and the Commercialization of Molecular Biology, 1974-1980". *Isis*, Vol. 92, N° 3, September 2001, pp. 541-575.
- ILLICH, Ivan. *A Expropriação da Saúde: Nêmesis da Medicina*. Trad. de José Kosinski de Cavalcanti; Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2ª ed., s/d (ed. francesa: 1975).
- JORLAND, Gérard. "Introduction: De la Coupe aux Lèvres...". In: JORLAND, Gérard (Dir.). *Des Technologies pour Demain: Biotechnologies, Fusion Nucléaire, Laser, Supraconducteurs*. Paris: Éditions du Seuil, 1992.
- KELLER, Evelyn Fox. *O Século do Gene*. Trad. de Nelson Vaz; Belo Horizonte: Crisálida, 2002.

- KOURILSKY, Philippe. “Les Biotechnologies dans le Champ du Vivant”. In: JORLAND, Gérard (Dir.). *Des Technologies pour Demain: Biotechnologies, Fusion Nucléaire, Laser, Supraconducteurs*. Paris: Éditions du Seuil, 1992, pp. 45-68.
- LEWONTIN, R. C. *Biologia como Ideologia: A Doutrina do ADN*. Tradução de Margarida Amaral; Lisboa: Relógio D’Água, 1998.
- MAYOR, Federico e FORTI, Augusto. *Ciência e Poder*; trad. de Roberto Leal Ferreira, Campinas, SP: Papyrus; Brasília: CNPq; UNESCO, 1998.
- MAYR, Ernst. *Biologia, Ciência Única: Reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica*. Trad. de Marcelo Leite; São Paulo: Companhia das Letras, 2005.
- MOLINA, Alfonso Hernán. *The Social Basis of the Microelectronics Revolution*. Edinburgh: Edinburgh University Press, 1989.
- MOTOYAMA, Shozo (Org.). *Prelúdio para uma História: Ciência e Tecnologia no Brasil*. São Paulo: EDUSP/FAPESP, 2004.
- ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT (OECD), *Biotechnology Statistics Database*, January 2009. In: <http://www.oecd.org/dataoecd/4/23/42833898.pdf>
- PALMEIRA, Moacir, “Modernização, Estado e Questão Agrária”, *Estudos Avançados*, 3 (7): 87-108, 1989.
- QUEIROZ, Francisco Assis de. *A Revolução Microeletrônica: Pioneirismos Brasileiros e Utopias Tecnológicas*. São Paulo: Annablume/FAPESP, 2007.
- _____. “Industrialização e Modernização no Brasil: 1930-1964”, *Revista de Geografia*, UEL, julh./dez. 2002, pp. 47-56.
- RIFKIN, Jeremy. *O Século da Biotecnologia*. Trad. de Arão Sapiro; São Paulo: MAKRON Books, 1999.
- SANTOS, Agnaldo dos. *Entre o Cercamento e a Dádiva: A Inovação sob Cooperação e os Caminhos da Abordagem Aberta em Biotecnologia*. Tese de Doutorado em Sociologia; São Paulo: USP, 2006.
- SAUTIER, René. “La Révolution Bio-Industrielle”. In: JORLAND, Gérard (Dir.). *Des Technologies pour Demain: Biotechnologies, Fusion Nucléaire, Laser, Supraconducteurs*. Paris: Éditions du Seuil, 1992, pp. 87-103.
- SEVCENKO, Nicolau a. “Introdução. O prelúdio republicano, astúcias da ordem e ilusões do progresso”. In: *História da Vida Privada no Brasil* / coordenador-geral da coleção Fernando A. Novais; organizador do volume Nicolau Sevcenko. – São Paulo: Companhia das Letras, 1998, vol. 3, pp. 7-48.
- _____. b. “A capital irradiante: técnica, ritmos e ritos do Rio”. In: *idem*, *ibidem*, pp. 513-619.
- SKIDMORE, Thomas. *Preto no Branco: Raça e Nacionalidade no Pensamento Brasileiro*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1976.
- THOMAS, Daniel. “L’état des Recherches Biotechnologiques”. In: JORLAND, Gérard (Dir.). *Des Technologies pour Demain: Biotechnologies, Fusion Nucléaire, Laser, Supraconducteurs*. Paris: Éditions du Seuil, 1992, pp. 69-86.
- VARGAS, Milton (Org.). *História da Técnica e da Tecnologia no Brasil*. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista: Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, 1994.
- WATSON, James, com Andrew Berry. *DNA: O Segredo da Vida*. Trad. de Carlos Afonso Malferrari; São Paulo: Companhia das Letras, 2005.

