

TEXTO PARA DISCUSSÃO N° 329

**A INTERAÇÃO ENTRE UNIVERSIDADES E EMPRESAS
EM PERSPECTIVA HISTÓRICA NO BRASIL**

Wilson Suzigan

Eduardo da Motta e Albuquerque

Março de 2008

Ficha catalográfica

338.06981 Suzigan, Wilson.
S968i A interação entre universidades e empresas
2008 em perspectiva histórica no Brasil / Wilson
 Suzigan; Eduardo da Motta e Albuquerque. -
 Belo Horizonte: UFMG/Cedeplar, 2008.

 27p. (Texto para discussão ; 329)

 1. Universidade e empresa - Brasil - História.
 2. Inovações tecnológicas - Brasil. 3. Pesquisa e
 desenvolvimento – Brasil. I. Albuquerque,
 Eduardo da Motta e II. Universidade Federal de
 Minas Gerais. Centro de Desenvolvimento e
 Planejamento Regional. III Título. IV. Série.

CDD

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO E PLANEJAMENTO REGIONAL**

**A INTERAÇÃO ENTRE UNIVERSIDADES E EMPRESAS EM PERSPECTIVA HISTÓRICA
NO BRASIL***

Wilson Suzigan

DPCT-IG/Unicamp (wsuzigan@ige.unicamp.br)

Eduardo da Motta e Albuquerque

Cedeplar-UFMG (albuquer@cedeplar.ufmg.br)

CEDEPLAR/FACE/UFMG

BELO HORIZONTE

2008

* Versão revisada de trabalho apresentado no simpósio Ciência, Tecnologia e História Econômica, 1er. CLADHE – Congresso Latino-Americano de História Econômica. Montevideu, 5-7 de dezembro de 2007. Os autores agradecem aos organizadores do simpósio, Tamás Szmeccsányi e Luiz Carlos Soares, bem como aos demais participantes, pelos excelentes comentários e sugestões que contribuíram para aprimorar o trabalho. A pesquisa para a elaboração deste artigo é apoiada pelo CNPq (Auxílio Pesquisa, processos 401666/2006-9 e 300856/2006-7), pelo IDRC (Projeto 103470-017) e pela Fapesp (Projeto Temático, processo 06/58878-8). Agradecemos também a todos os integrantes desses projetos que participaram de seminários de pesquisa para discussão de versões preliminares.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	6
1. TRÊS DIMENSÕES PARA UMA HISTÓRIA ECONÔMICA DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA.....	7
2. RAÍZES HISTÓRICAS DA INTERAÇÃO ENTRE UNIVERSIDADES E EMPRESAS NOS SISTEMAS DE INOVAÇÃO DESENVOLVIDOS.....	9
3. O INÍCIO DA CONSTRUÇÃO DE INSTITUIÇÕES DO SISTEMA DE INOVAÇÃO NO BRASIL.....	12
4. “ONDAS” DE FORMAÇÃO DAS INSTITUIÇÕES DE ENSINO E PESQUISA.....	14
5. IDENTIFICAÇÃO DE INTERAÇÕES ENTRE CIÊNCIA E TECNOLOGIA.....	17
Ciências da saúde.....	18
Ciências agrárias e engenharia florestal.....	19
Mineração, Engenharia de Materiais e Metalurgia.....	21
Engenharia aeronáutica.....	22
6. RAÍZES HISTÓRICAS DOS PONTOS DE INTERAÇÃO.....	22
7. CONCLUSÃO.....	23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	25

RESUMO

Este artigo investiga as raízes históricas do padrão de interação entre universidades/instituições de pesquisa e empresas no Brasil, caracterizado pela existência apenas localizada de “pontos de interação” entre a dimensão científica e a tecnológica. A hipótese básica sugere que uma das causas importantes da debilidade nessas interações no Brasil é a articulação entre o caráter tardio da criação das instituições de pesquisa e universidades no país e o caráter tardio da industrialização brasileira. Por outro lado, o sucesso dos casos nos “pontos de interação” identificados baseia-se numa construção de longo prazo, com esforços sistemáticos que persistem ao longo do tempo.

ABSTRACT

The interaction between firms and universities in Brazil is very weak. The successful “points of interaction” between science and technology are scarce and localized. This paper investigates the historical roots of this pattern of interaction. The hypothesis of this paper suggests this pattern of interaction could be explained by the combination between, first, the late beginning of the formation of universities and research institutes (circa 1808) and, second, the late industrialization. Furthermore, the successful points of interaction are products of long term processes of institutional building and systematic and persistent long term investments.

Palavras-Chave: interação universidades-empresas, raízes históricas, ciência, tecnologia

Key Words: interaction between universities and firms, historical roots, science, technology

JEL CLASSIFICATION: N, O3

INTRODUÇÃO

Uma avaliação razoavelmente consensual na literatura da economia da tecnologia relativa ao Brasil ressalta o estágio ainda precário da construção do sistema nacional de inovação. O sistema de inovação brasileiro pode ser situado em um nível intermediário de construção, possivelmente ao lado de países como México, Argentina, Uruguai, África do Sul, a Índia e China (ver, por exemplo, Viotti & Macedo, 2003).

Essa posição intermediária do sistema de inovação do Brasil é constatada por Mazzoleni & Nelson (2007), em um artigo cujo objetivo central é uma discussão a respeito do papel das instituições de pesquisa nos processos de *catching up* e de suas interações com empresas e atividades econômicas em geral nos casos bem-sucedidos (Japão, Coréia do Sul e Taiwan). O caso brasileiro é tratado a partir da discussão de duas experiências específicas: agricultura, em torno da Embrapa e indústria aeronáutica, com a Embraer. O contraste entre a experiência brasileira e as da Coréia e Taiwan é apresentado, identificando a posição intermediária do Brasil.

Uma das características de sistemas de inovação nessa posição intermediária é a existência de instituições de pesquisa e ensino construídas, mas que ainda não conseguem mobilizar contingentes de pesquisadores, cientistas e engenheiros em proporções semelhantes aos dos países mais desenvolvidos.

Da mesma forma, as firmas ainda têm um envolvimento relativamente restrito em atividades inovativas. Como resultado, encontra-se limitado um componente importante dos sistemas de inovação desenvolvidos: uma forte dinâmica interativa entre empresas e universidades – que constituiriam circuitos de retro-alimentação positiva entre as dimensões científica e tecnológica.

Por isso, um diagnóstico razoável da situação do Brasil neste tópico indicaria a existência de um “padrão de interações entre universidades e empresas” caracterizado pela existência apenas localizada de “pontos de interação” entre a dimensão científica e a tecnológica. Rapini (2007) identifica esse caráter localizado e disperso dos casos bem-sucedidos de interação entre universidades/institutos de pesquisa e firmas. A descrição desses casos (por exemplo, Paula e Silva, 2007; Morel, 1999) contribui para a compreensão das origens históricas das instituições e do processo de interação que estruturam tais articulações.

De modo geral, em todos os produtos nos quais o Brasil apresenta vantagens comparativas no cenário internacional é possível identificar um longo processo histórico de aprendizagem e acumulação de conhecimentos científicos e competência tecnológica, envolvendo importantes articulações entre esforço produtivo, governo e instituições de ensino e pesquisa. Os mais importantes, nas respectivas áreas de conhecimento e instituições de pesquisa com as quais houve interação, incluem:

- (1) nas ciências da saúde, a produção de soros e vacinas (Instituto Oswaldo Cruz, Instituto Butantan);
- (2) nas ciências agrárias: algodão, florestas para celulose, grãos, carnes (IAC – Instituto Agrônomo de Campinas, Embrapa);
- (3) em mineração, engenharia de materiais e metalurgia, a produção de minérios, aços e ligas metálicas especiais (UFMG)

- (4) em engenharia aeronáutica, a produção de aviões pela Embraer (CTA e ITA);
- (5) em geociências, extração de petróleo e gás pela Petrobras (COPPE-UFRJ, Unicamp)¹.

Mesmo considerando a importância desse conjunto de produtos e respectivas áreas de conhecimento, é lícito afirmar que o “padrão de interações” identificado é bastante limitado e ainda insuficiente para impor ao conjunto da economia uma dinâmica de crescimento econômico baseado no fortalecimento da capacidade inovativa do país.

O objetivo deste artigo é investigar as raízes históricas desse padrão de interação. A hipótese básica que informa este artigo sugere que uma das causas importantes da debilidade nas interações entre ciência e tecnologia (ou seja, entre universidades/institutos de pesquisa e empresas) no Brasil é a articulação entre, por um lado, o caráter tardio da criação das instituições de pesquisa e universidades no país e, por outro lado, o caráter tardio da industrialização brasileira.

Esse padrão de interação comporta a existência de “pontos de interação” que se constituem em casos bem-sucedidos de relacionamento entre institutos de pesquisa/universidades e empresas. A existência e a limitação desses casos alimentam uma hipótese complementar: o sucesso dos casos identificados nesses “pontos de interação” baseia-se numa construção de longo prazo, com esforços sistemáticos que persistem ao longo do tempo. Essas raízes históricas também devem ser investigadas.

Dessa forma, este artigo explora uma elaboração sobre as articulações entre ciência e tecnologia que considera o papel do tempo para o amadurecimento das relações mutuamente reforçantes entre essas duas dimensões. Por isso, este estudo é um objeto da história econômica da ciência e da tecnologia, a partir da sugestão de Szmrecsányi (2000).

1. TRÊS DIMENSÕES PARA UMA HISTÓRIA ECONÔMICA DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA

Para desenvolver a proposta de Szmrecsányi (2000) possivelmente é necessário lidar com três dimensões: ciência e tecnologia, por um lado, mas também incorporar suas fontes de financiamento, o que implica lidar, de alguma forma, com as estruturas monetárias e financeiras. Embora esse tema mereça amplo tratamento teórico e histórico, que vai além do escopo deste trabalho, algumas notas exploratórias poderiam contribuir aqui para a discussão das conjecturas apresentadas na introdução deste artigo: como discutido na seção 3 abaixo, os atrasos na criação de universidades e institutos de pesquisa e na industrialização brasileira combinam-se também com o tardio início das instituições monetárias e financeiras no Brasil.

Um dos elementos mais notáveis da história mundial é a coincidência (correlação, justaposição geográfica) entre a liderança científica e a tecnológica e a posição da região líder em termos da acumulação de recursos monetários e financeiros. Certamente cuidados para evitar ligações mecânicas e desenvolver as mediações e qualificações adequadas são necessários.

¹ Há muitos outros casos importantes, especialmente do ponto de vista regional, tais como a produção de álcool combustível nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro, e no Nordeste; de motores e turbinas em Santa Catarina, com papel relevante da UFSC; o processamento de cacau e a indústria têxtil na Bahia, apoiados pelo Instituto de Química Industrial, sucessor do Instituto Baiano de Agricultura (criado em 1857), e outros. Estes casos regionais, assim como o da extração de gás/petróleo, não serão abordados neste artigo, mas deverão ser objeto de estudos de cunho regional no âmbito do *Catch Up Project* brasileiro.

Em um primeiro nível, uma introdução segura para essa articulação é o grande painel histórico elaborado por Braudel (1979; 1986). Braudel, a partir de uma interpretação das “economias-mundo”, indica a existência de hierarquias e de um centro nessas economias-mundo. No terceiro volume de *Civilização material, economia e capitalismo*, Braudel acompanha as metamorfoses na economia-mundo, indicando os diferentes centros que se sucederam na liderança: Veneza (1378-1498), Gênova (1557-1627), Amsterdam (1627-1773/1783), Londres (1773). Embora fora do escopo do seu livro, Braudel sugere inúmeras vezes a seqüência desse processo, com a emergência de Nova York substituindo Londres no início do século XX.

A relação entre essas três dimensões pode ser inferida a partir de um tópico da exposição de G. Arrighi, que identifica uma analogia entre os padrões italianos e holandeses: o investimento de capitais excedentes “no consumo ostensivo de bens culturais, através do patrocínio das artes e de outras atividades intelectuais”. Segundo Arrighi (1994, p. 139), “[a]ssim como Veneza e Florença do século XV tinham sido os centros do Alto Renascimento, a Amsterdam do começo do século XVII tornou-se o centro da transição do ‘clima renascentista’ que perpassara a Europa nos dois séculos anteriores para o ‘clima do Iluminismo’ que iria perpassá-la nos 150 anos seguintes”.

Em um segundo nível de análise, é possível identificar nos trabalhos de um historiador da tecnologia, da qualidade de J. Mokyr, sinais bastante precoces de articulações entre universidades e atividades econômicas importantes. Durante a Renascença, período histórico no qual a hegemonia econômica e financeira localizava-se nas cidades-estado italianas, Mokyr destaca como uma das realizações da ciência e da tecnologia o início da aplicação da matemática para as “engenharias”. Entre outras aplicações, ressalta Mokyr (1990, p. 74), “[i]n the fifteenth century, Italian mathematicians showed how navigation could be aided by mathematics and Venice created a university chair of mathematics devoted to navigation”.

Na mesma linha, Freeman (1999, p. 150-151), em um interessante painel histórico dos sistemas de inovação, refere-se à liderança tecnológica e industrial de Veneza (ressaltando a sua liderança nas finanças) e lembrando importantes instituições criadas nas cidades-estado italianas, entre elas as primeiras universidades e o primeiro sistema de patentes (Veneza, em 1474).

Em um terceiro nível de análise, é possível identificar essa articulação tri-dimensional através da focalização de um indivíduo importante na revolução científica, Galileu. Galileu contou entre os seus apoiadores com os Médici, os mais importantes banqueiros do período, para os quais Galileu produzia horóscopos (Reale *et al.*, 1986, vol. II, p. 199).² Galileu estudou e pesquisou em Pádua, Veneza e Florença. Para o desenvolvimento de seu telescópio, contou com sua habilidade em instrumentação para complementar seu salário como professor da Universidade de Pádua (Mokyr, 1990, p. 73) e ainda com meios técnicos disponíveis na cidade em que vivia, então um importante centro manufatureiro da indústria do vidro (Ravetz, 1990, p. 210). Mokyr, em um levantamento dos avanços na mineração durante e depois da Renascença, encontra demandas apresentadas por esse setor para cientistas de então: “[t]he greatest minds of the seventeenth century, from Galieleo to Newton, were concerned with problems of air circulation, safety, pumping, mineralogy and assaying, and the raising of coal and ore from the mines” (1990, p. 64).

² As luas de Saturno, descobertas por Galileu, receberam nomes que homenageavam os Médici.

Em um quarto nível de análise, tratando de um caso mais recente, é possível realizar uma vinculação entre características das finanças (privadas e públicas) nos Estados Unidos e a evolução de sua estrutura industrial e científica.

Ao tratar da onda longa entre 1787 e 1842, Schumpeter (1939) discute o papel da criação de crédito e das contribuições peculiares ao processo de industrialização então em curso: “[i]n the United States profits and the *ad hoc* creation of means of payment were obviously the main domestic sources of the ‘funds’ which financed industrial and other enterprise” (p. 195).³ A seguir, Schumpeter (1939) sugere um papel para as atividades bancárias ousadas do período: “[i]t was the financing of innovation by credit creation – the only method available, as we have seen in the course of our theoretical argument, in absence of sufficient results of previous evolution – which is at the bottom of the ‘reckless banking’. This undoubtedly sheds a different light upon it. Those banks filled their functions sometimes dishonestly and even criminally, but they filled a function which can be distinguished from their dishonesty or criminality” (p. 197).

Quanto às finanças públicas, um conjunto de mudanças realizadas no sistema financeiro dos Estados Unidos no período do *New Deal* (momento em que a liderança econômica e financeira do país se consolidava no cenário internacional) pode ser considerado uma pré-condição para a arquitetura do sistema de inovação construído durante e depois da Segunda Guerra Mundial. A consolidação das finanças públicas com a hegemonia fiscal e tributária do governo central certamente cria uma das bases para os significativos gastos públicos federais com P&D que irão distinguir os Estados Unidos na década de 1950 e 1960, em especial para a ciência básica (Nelson & Wright, 1992).

Enfim, tratar das três dimensões (dinheiro-finanças, ciência e tecnologia) é uma questão muito importante para uma história econômica da ciência e da tecnologia. Novamente, uma referência a Braudel é necessária, na medida em que ele explora as relações entre moeda e técnica (1986, p. 81) e é muito claro na sua discussão sobre o papel das finanças no processo da revolução industrial inglesa.

2. RAÍZES HISTÓRICAS DA INTERAÇÃO ENTRE UNIVERSIDADES E EMPRESAS NOS SISTEMAS DE INOVAÇÃO DESENVOLVIDOS

Sistema nacional de inovação é um conceito síntese da elaboração evolucionista (ou neoschumpeteriana): ele expressa o complexo arranjo institucional que impulsionando o progresso tecnológico determina a riqueza das nações (Freeman, 1995). O conceito de sistema nacional de inovação foi desenvolvido por autores que consideram a história um elemento importante (Freeman, Nelson, Rosenberg entre outros). Freeman (1995), por exemplo, localiza e discute a emergência e evolução histórica das atividades especializadas em pesquisa e desenvolvimento, inovação institucional introduzida na Alemanha em 1870: essa elaboração de Freeman pode ser considerada como uma sugestão de agenda de pesquisa na qual a história é decisiva.

³ Para uma discussão da inovação monetária nos Estados Unidos, ver Sylla (1982).

O desenvolvimento de uma história econômica da ciência e da tecnologia, portanto, contribuiria muito para a compreensão das raízes históricas dos sistemas de inovação. Esse diálogo teórico é uma das motivações deste artigo.

De certa forma, os trabalhos mais importantes sobre sistemas de inovação sempre levam em consideração as raízes históricas do processo de construção das instituições relevantes. A coletânea editada por Richard Nelson (1993) é um excelente exemplo. Todos os capítulos relativos às 16 experiências nacionais ali descritas tratam com detalhe da origem e evolução histórica das instituições constitutivas dos diversos sistemas de inovação. A leitura desse livro, especialmente dos casos dos Estados Unidos, Japão, Alemanha, Suécia e Dinamarca, é rica de exemplos de tradições persistentes, *path-dependence*, processos evolutivos a partir de esforços historicamente relevantes. Assim, não é difícil compreender a relevância da avaliação da história de construção das instituições constituintes desses sistemas, em especial instituições de pesquisa, universidades e empresas.

Infelizmente, um dos pontos mais limitados da abordagem evolucionista é exatamente a articulação da questão dos sistemas monetários e financeiros com a construção dos sistemas de inovação. O'Sullivan (2004) faz uma resenha crítica da literatura disponível sobre o tema, demonstrando a lacuna existente na literatura da economia da inovação e propõe um diálogo entre os pesquisadores dessa área com os historiadores das finanças para superar essa importante debilidade.

Ressaltada essa importante limitação, o que a literatura tem a dizer sobre as interações entre ciência e tecnologia nos NSIs desenvolvidos?

Nelson & Rosenberg (1993, p. 5-9) apontam para o entrelaçamento entre ciência e tecnologia como característica chave dos sistemas nacionais de inovação. Eles resumem as complexas interações entre estas duas dimensões realçando que ciência é, ao mesmo tempo, “líder e seguidora” do progresso tecnológico. Evidências sobre este duplo papel podem ser recolhidas na literatura.

Rosenberg (1982) apresenta o papel da tecnologia como: 1) uma fonte de questões e problemas para o esforço científico; 2) um “enorme depósito de conhecimento empírico a ser perscrutado e avaliado pelos cientistas” (p. 144); 3) uma contribuição para a formulação de uma “subseqüente agenda para ciência” (p. 147); 4) uma fonte de instrumentos, equipamentos para pesquisa, etc. Rosenberg conclui que fortes impulsos econômicos estão moldando, dirigindo e restringindo a empresa científica (p. 159).

Na direção oposta deste fluxo, Klevorick et al. (1995) apresentam evidência empírica sobre o papel das universidades e da ciência como uma importante fonte de “oportunidades tecnológicas” para a inovação industrial. Esse estudo mostra como setores industriais diferentes avaliam a importância relativa das universidades e da ciência para suas capacidades inovativas.⁴

Rosenberg (1991) pergunta “por que as empresas fazem pesquisa básica”, e sugere que a ela é um “bilhete de entrada para uma rede de informações”. Este ponto está relacionado à discussão de Cohen e Levinthal (1989) sobre as duas faces da P&D (inovação e aprendizagem), enfatizando a importância do investimento como modo de desenvolver “capacidade de absorção”. Narin et al (1997)

⁴ Klevorick et al demonstram porque as empresas monitoram e acompanham o desenvolvimento nas universidades. Particularmente em indústrias de alta tecnologia, existe um grande fluxo de conhecimento fluindo das instituições científicas para os setores industriais.

encontram evidência empírica para a interação crescente entre a ciência financiada pelo setor público e a indústria nos EUA. Finalmente, um estudo recente da OCDE descreve a “intensificação das relações ciência-indústria na economia do conhecimento”, realçando que “elos com a ciência são mais importantes que no passado” (OCDE, 2002, p. 16).

Finalmente, Rosenberg (2000) sugere que as universidades dos Estados Unidos se diferenciam das de outros países (desenvolvidos) “in the greater speed and greater extent of their response to changing economic circumstances” (p. 36). Entre as características distintivas das universidades dos Estados Unidos, Rosenberg destaca cinco: 1) capacidade de responder a demandas econômicas (“economic responsiveness”); 2) alta descentralização; 3) conexão e competição (por recursos) entre as universidades; 4) o tamanho do sistema universitário (“its great size, in contrast to any of the European countries, is important because it has made it possible to maintain a high degree of specialization and diversity within a large system”, p. 41); 5) síntese única entre pesquisa avançada e formação na graduação e pós-graduação (p. 42). Essa elaboração de Rosenberg contribui para explicitar o papel do tamanho do sistema universitário para alcançar a ágil capacidade de responder a demandas econômicas, como talvez esteja mais claramente colocado nos trabalhos de Klevorick et al (1995), Narin et al (1997) e Cohen et al (2002).

Assim, esses estudos indicam a relevância destas duas dimensões das atividades inovativas, acentuando a divisão do trabalho entre elas, apoiando o entendimento das fortes e mútuas retroalimentações entre ciência e tecnologia em países desenvolvidos, e apontando a intensificação desta relação. Portanto, essa literatura sugere que para um moderno crescimento econômico estas relações devem estar funcionando.

Esses estudos são bastante focalizados no caso dos Estados Unidos. Não é difícil indicar como foram historicamente construídas as instituições e a dinâmica de interação, discutidas nos textos acima mencionados. Trabalhos como Rosenberg (1972 e 2000); Nelson & Wright (1992) e Nelson & Rosenberg (1994) descrevem aspectos importantes para a compreensão desta longa construção.

A questão deste artigo pode agora ser mais bem especificada: deve haver um longo processo histórico para a construção dessas interações. Pelo menos cinco elementos (que dependem de investimentos e tempo para desenvolvimento e amadurecimento) podem ser indicados: 1) preparação dos arranjos monetário-financeiros que viabilizam, entre outros elementos, a criação e o funcionamento de universidades/instituições de pesquisa e firmas; 2) a construção das instituições relevantes (universidades, institutos de pesquisa, empresas e seus laboratórios de P&D)⁵; 3) construção de mecanismos de interação entre essas duas dimensões (problemas, desafios, etc que impulsionam pelo menos um dos lados a procurar o outro e tentar estabelecer um diálogo); 4) o desenvolvimento da interação entre as duas dimensões (há um processo de aprendizado, de tentativas e erros, etc); 5) consolidação e desenvolvimento dessas interações - tópico que envolve um explícito reconhecimento do papel do tempo para a construção de relações mutuamente reforçantes (feedbacks positivos) entre institutos de pesquisa/universidades e empresas (isso poderia ser derivado da leitura acima indicada).

⁵ A construção dessas instituições pressupõe, por sua vez, avanços em termos da abertura para absorção de eventuais progressos no pensamento científico e tecnológico. Por exemplo: Carvalho (1993, p. 86) menciona um Edital do Reitor do Colégio das Artes de Coimbra (7 de maio de 1746) que proíbe o ensino de Descartes e Newton. As reformas pombalinas viriam como uma tentativa de mudar esse quadro.

3. O INÍCIO DA CONSTRUÇÃO DE INSTITUIÇÕES DO SISTEMA DE INOVAÇÃO NO BRASIL

Uma comparação preliminar da situação brasileira com a dos Estados Unidos no momento da independência é esclarecedora: o Brasil em 1822, com 4,5 milhões de habitantes, não possuía universidade (Cunha, 1980), enquanto os Estados Unidos em 1776, com 2,5 milhões de habitantes, contavam com nove universidades (Maddison, 2001).⁶ Mesmo em comparação com outros países latino-americanos, o Brasil só muito tardiamente iniciou a criação de universidades. Segundo Schwartzman (1979, p. 54), “(a)té a segunda metade do século XVIII, a ciência no Brasil está, em termos institucionais, muito aquém da ciência que se desenvolvia na América espanhola (...). A Coroa, temendo que aqui se estabelecessem instituições que pudessem rivalizar com as portuguesas, impediu a criação de uma universidade (...)”.

Embora várias faculdades isoladas tenham sido criadas desde 1808, após a transferência da corte portuguesa para o Rio de Janeiro, as primeiras tentativas de criar universidades surgem na década de 1920. Porém, a literatura sobre a formação da comunidade científica brasileira considera que a primeira universidade criada no país foi a USP, em 1934 (Schwartzman, 1979), quando a população brasileira já superava 30 milhões de habitantes. Cunha (1980) menciona a existência de “universidades sucedidas”, em contraposição às “universidades passageiras”, na década de 1920: a Universidade de Minas Gerais e a Universidade do Rio de Janeiro⁷. O livro de Cunha é apropriadamente intitulado *A universidade temporã*.

Essas universidades temporãs, entretanto, resultam de construções institucionais que têm raízes bastante anteriores. A USP, por exemplo, quando criada, incorporou a Escola Politécnica (inaugurada em 1894), a Faculdade de Farmácia (1898), a Faculdade de Medicina e Cirurgia (1912), o Instituto de Veterinária (1919), o Instituto Biológico (1924), entre outras unidades.

Na virada do século havia “segundo Fernando de Azevedo, apenas seis instituições em que se podia falar de um espírito científico e do gosto pela experimentação, e destas apenas uma poderia ser considerada diretamente pertencente ao âmbito universitário” (Schwartzman, 1979, p. 139). As instituições eram as seguintes: Museu Paraense, Instituto Agrônomo de Campinas, o Museu Paulista, o Jardim Botânico, o Instituto de Manguinhos e a Escola de Medicina da Bahia. Uma das características da ciência “que se institucionalizou” no Brasil no início do século XX era a sua localização “fora do sistema de ensino superior” (p. 136).

Se as universidades começaram a ser criadas, no mínimo, a partir da década de 1920, quando se inicia a pesquisa científica no Brasil, posto que praticada “fora do sistema de ensino superior”? Até fins do século XIX havia algumas atividades de pesquisa científica em mineralogia, química, ciências naturais, agronomia, zoologia, e estudos de problemas bacteriológicos e microbiológicos, limitadas e esparsamente distribuídas em instituições como museus – particularmente o Museu Imperial (1818),

⁶ Para enfatizar a importância das universidades para processos de desenvolvimento, é interessante comparar a Alemanha na década de 1870 (com 16 universidades) e a Inglaterra (com apenas 5 universidades) (Blackbourn, 2003, p. 207). A história do final do século XIX mostra a Alemanha ultrapassando a Inglaterra em termos industriais, tecnológicos e científicos.

⁷ Schwartzman (1979, p. 418) considera que a criação da Universidade do Rio de Janeiro em 1920, embora reunindo a Faculdade de Medicina, a Escola Politécnica e a Faculdade de Direito, “em quase nada alterou o funcionamento das faculdades”.

depois Museu Nacional, o Museu Paraense (fundado em 1866 com o nome de Museu Arqueológico e Etnográfico da Sociedade Filomática do Pará, e depois renomeado Museu Goeldi), e o Museu Paulista (1893) – e institutos de pesquisa tais como o Instituto Agrônomo de Campinas (1887), o Instituto Vacinogênico de São Paulo (1892), o Instituto Bacteriológico de São Paulo (1893), e o Instituto Soroterápico de Butantã (1899)⁸. Entretanto, um dos marcos mais importantes da ciência brasileira é a criação, em 1900, do Instituto de Manguinhos, que tem como um personagem chave Osvaldo Cruz. Tendo se graduado na Escola de Medicina do Rio de Janeiro, Osvaldo Cruz passou uma temporada de estudos no Instituto Pasteur, entre 1896 e 1899 (Stepan, 1976, p. 69-73).

A escola na qual Osvaldo Cruz graduou-se foi criada em 1808, após a chegada de D. João VI ao Brasil. Há uma importante mudança com a transferência da sede do reino para o Brasil. Entre as instituições então criadas estão, ao lado do Curso de anatomia e cirurgia do Rio de Janeiro, o Curso de anatomia e cirurgia de Salvador e o Jardim Botânico (também em 1808) e em 1810 a Academia Militar (ensino de engenharia implícito) (Cunha, 1980; Schwartzman, 1979). Cunha (1980, p. 69), menciona que “(...) a reestruturação e ampliação do ensino superior no Brasil, a partir de 1808, fez com que os estudos de matemática, física, biologia, e mineralogia se deslocassem dos cursos de filosofia, controlados pela Igreja, para os cursos médicos e para a Academia Militar, e, muito mais tarde, para a Escola Politécnica que dela se separou”.

A criação dessas instituições entre 1808 e 1810 pode ser considerada a “primeira onda de criação de instituições de ensino e pesquisa” no país. É importante destacar a grande defasagem temporal entre a criação dessas instituições e o surgimento das primeiras universidades: mais de um século de defasagem. Esse contexto explica uma avaliação de Schwartzman (1979, p. 81): no século XIX a ciência e o ensino superior vegetavam no Brasil.

Localizada a primeira “onda de criação institucional” no Brasil no período entre 1808 e 1810, identifica-se o tardio início da construção dessas instituições. Começo não apenas tardio mas também limitado, pois a ciência e o ensino superior apenas têm uma vida vegetativa – e separada – ao longo do século XIX (que assistirá a outra onda de criação de instituições, como se verá na próxima seção).

Como sugerido na introdução deste artigo, esse início tardio está fortemente relacionado à estagnação econômica e à condição colonial e a (conseqüente?) ausência de instituições monetárias no país até 1808. Peláez & Suzigan (1976, p. 38) retratam que antes da chegada de D. João VI as instituições monetárias “não existiam no Brasil e não havia nada que pudesse chamar-se papel moeda”. Até então, ouro, prata e cobre constituíam as moedas que aqui circulavam.

Em 1808, o quadro existente poderia ser caracterizado como uma combinação entre restrições da metrópole às manufaturas na colônia, inexistência de instituições de ensino superior e inexistência de instituições monetárias. Ou seja, até 1808, o tripé discutido na seção 1 (dinheiro, ciência e tecnologia) está virtualmente ausente no país. Após a chegada de D. João VI, instituições relacionadas a esse tripé são criadas (Banco do Brasil, as instituições de ensino) ou permitidas (revogação da proibição das manufaturas).

⁸ Ver Schwartzman (1979, Apêndice 1 – Cronologia da Ciência Brasileira, 1500-1945, de autoria de Tjerk Guus Franken) e, especificamente sobre o Museu Goeldi, Sanjad (2006).

Finalmente, além de tardio e limitado, é um começo que encontra condições adversas, dada a presença da escravidão. Freyre (1990), em seu livro que trata do Brasil do período da chegada de D. João VI, discute no capítulo 10 a relação entre “escravo, animal e máquina”. Freyre descreve como a escravidão contribuiu para a persistência da tração humana no Brasil em um tempo no qual na Europa ocidental e nos Estados Unidos já se iniciava a transição da tração animal para a tração a vapor (p. 527). A escravidão, portanto, era uma barreira importante para o progresso técnico, pois, conforme um observador inglês citado por Freyre (1990, p. 533), “there is one great cause that prevents the adoption of machinery in abridging manual labor, as so many persons have an interest in its being performed by the slaves alone”.

Além disso, a desigualdade determinada pelo peso da escravidão na economia colonial é uma raiz histórica decisiva para o que Celso Furtado (1987) discute como a polaridade “modernização-marginalização”, característica do crescimento econômico brasileiro e do subdesenvolvimento como fenômeno estrutural. Essa polaridade, e a “inadequação da tecnologia” também identificada por Furtado, contribuem para entender a persistência estrutural da desigualdade no país e apresentam questões para avaliar o seu impacto sobre a ciência e a tecnologia (restrição de recursos – e de interesse – para generalização da educação básica e superação do analfabetismo, além da preservação do caráter elitista do ensino universitário, com severas conseqüências em termos de inexistência de massa crítica possivelmente necessária para deflagrar os processos de *feedback* positivo entre ciência e tecnologia).

De outra forma, a ênfase de Celso Furtado nos problemas sociais pode ser vista na sua interpretação das razões do sucesso da Coréia do Sul e de Taiwan: a homogeneização social é um dos fatores decisivos. No caso do Brasil, a polaridade modernização-marginalização impõe uma dinâmica de crescimento que reproduz sistematicamente a exclusão e, portanto, preserva e às vezes até mesmo intensifica a desigualdade social.

Enfim, a discussão desta seção qualifica a natureza do início da construção das instituições de ensino e pesquisa no Brasil: tardia, limitada e problemática (por enfrentar condições adversas).

4. “ONDAS” DE FORMAÇÃO DAS INSTITUIÇÕES DE ENSINO E PESQUISA

Uma vez identificado o início tardio, limitado e em um contexto problemático, busca-se nesta seção sugerir uma periodização das diversas “ondas” de criação institucional. São consideradas instituições de ensino superior, institutos de pesquisa, e instituições coordenadoras ou gestoras de políticas públicas de ciência e tecnologia. Os parágrafos seguintes descrevem, em linhas gerais, o processo histórico de criação institucional e seus condicionantes.

O período colonial até 1808 pode ser considerado como um período onde houve um longo bloqueio ao desenvolvimento autônomo do país. O sistema colonial representou um longo obstáculo à acumulação científica nacional. Autores como Paula (1988) e Novais (1979) mostram como a operação dos mecanismos da dominação colonial bloqueou o processo econômico em geral. No interior deste bloqueio geral, há medidas que afetavam especificamente a acumulação de conhecimento científico nacional: como um exemplo esclarecedor, vale lembrar que só em 1821 foi permitida a entrada franca de livros na colônia.

Além de determinar esse início tardio do processo de acumulação científica, o período colonial legou inúmeras seqüelas que se transformam em importantes deficiências e empecilhos ao seu desenvolvimento. A seqüela da escravidão foi analisada por Holanda (1991, p. 25), Bosi (1993, p. 146) e Schwarz (1991, p. 15). Sérgio Buarque de Holanda (p. 50-51) analisa como a "inteligência como um ornamento" era cultivada, em detrimento de um "instrumento de conhecimento e ação". Schwarz descreve, no período inicial da Independência, uma "malversação das idéias modernas", na medida em que as elites do país realizaram uma "apropriação oligárquica do progresso no plano das idéias" (1991, p. 139). As conseqüências de longo prazo destas influências sobre o processo de acumulação científica não devem ser subestimadas, pois tudo isso contribui para o cerceamento do desenvolvimento de um clima que estimula a criação, o livre debate de idéias, o espírito crítico e experimental que caracterizam condições elementares para o desenvolvimento científico.

Como apresentado na seção anterior, a "primeira onda de criação de instituições" é posterior a 1808. Como visto, são criadas as primeiras instituições de ensino superior (em 1808, os cursos de anatomia e cirurgia no Rio de Janeiro e em Salvador e a Academia Militar em 1810), além do Jardim Botânico e da Biblioteca Nacional. Em 1812 é criado o Laboratório Químico Prático do Rio de Janeiro, cuja finalidade, segundo Schwartzman (1979, p. 63), seria o "fabrico de sabão sólido", e em 1818 foi criado o Museu Real, depois transformado em Museu Imperial⁹, que abrigaria o primeiro Laboratório de Física e Química (1824). Schwartzman (1979) aponta ainda nesse período as primeiras tentativas para a implantação de uma indústria siderúrgica, como a Real Fábrica de Ferro do Morro de Gaspar Soares, em Minas Gerais, "criada em 1808 por iniciativa oficial" (p. 63).

Uma "segunda onda" teria tido lugar entre 1870 e 1900: o Museu Arqueológico e Etnográfico do Pará (1866), a Comissão Geológica (1875, dissolvida em 1877 por falta de verbas), a Escola de Minas de Ouro Preto (1875), o Laboratório de Fisiologia Experimental, anexo ao Museu Nacional (1880), a instalação da Comissão Geográfica e Geológica do estado de São Paulo (1886), a fundação do Instituto Agrônomo de Campinas (1887), o Museu Paulista (1893), a Escola Politécnica de São Paulo (1894), os Institutos Vacinogênico, Bacteriológico e Butantã (entre 1892 e 1899), a fundação do Instituto de Manguinhos (1900), a criação da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (1901). (Stepan, 1976; Schwartzman, 1979). Em 1899 é criado o Gabinete de Resistência de Materiais da Escola Politécnica de São Paulo, um predecessor do IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas (criado oficialmente em 1934) (Motoyama, 2004, p. 206).

Uma "terceira onda" poderia ser identificada entre 1920 e 1934, durante a qual surgiram iniciativas para a criação de universidades, que culminam com a fundação da USP em 1934: a onda da "universidade temporã". O período é descrito por Cunha (1980), que destaca as "universidades sucedidas" (em contraposição às "universidades passageiras"). Cunha descreve "a primeira instituição de ensino superior do Brasil que vingou com o nome de universidade – a Universidade do Rio de Janeiro – foi criada em 1920, depois de muitas tentativas" (p. 212). A sua criação envolveu a reunião em universidade da Escola Politécnica, da Escola de Medicina e "uma das faculdades de direito" (p. 212). Porém, como já mencionado acima, as faculdades continuaram a atuar de forma independente (Schwartzman, 1979, p. 418). Em 1927, a "técnica de organização da universidade por aglutinação foi seguida em Minas Gerais" (Cunha, 1980, p. 213).

⁹ Com o fim do Império (1889), denominado Museu Nacional, que se firmou como importante instituição de pesquisa.

A criação da USP, em 1934, realiza-se com a incorporação de escolas pré-existentes e com a fundação da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras. A fundação da USP pode ser identificada como o ponto mais importante de um amplo processo de lutas e articulações em prol da criação de universidades no país e cria um novo padrão de qualidade que é referência nacional a partir daí (Motoyama, 2004; Schwartzman, 1979). Entretanto, ainda são frágeis os vínculos entre ensino e pesquisa nas universidades, embora já houvesse consciência, em algumas unidades, da necessidade de estabelecer essa vinculação¹⁰.

A quarta onda de criação de instituições ocorre no período do pós-guerra. Em 1949 é criado o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), em 1950 o Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA) e, logo depois, o Centro Tecnológico da Aeronáutica (CTA), e em 1951 duas importantes instituições coordenadoras: o CNPq – Conselho Nacional de Pesquisas e a CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. No contexto do período anterior ao golpe de 1964, pode-se mencionar ainda a criação, no início dos anos 1960, da Fapesp – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo e da UnB – Universidade de Brasília.

Uma quinta onda pode ser identificada durante o regime militar, cabendo destaque à criação de centros de pesquisa nas empresas estatais, entre os quais o CENPE da Petrobras e o CPqD da Telebras, e à fundação da Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1973). Além disso, foram criadas nesse período instituições e fundos de financiamento para ciência e tecnologia, e instituições coordenadoras da política científica e tecnológica; planos de desenvolvimento científico e tecnológico passaram a ser formulados. No financiamento à tecnologia, foi criado em 1964 o FUNTEC – Fundo de Desenvolvimento Tecnológico, administrado pelo BNDE – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico, que havia sido criado em 1952. Desse fundo nasceu a FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos (1965), que teria importante papel na coordenação de ações governamentais na área de financiamento a C&T¹¹ e na implantação de cursos de pós-graduação nas universidades. Entre 1972 e 1984, no contexto de planos nacionais de desenvolvimento, vários Planos Básicos de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PBDCT) foram lançados, porém apenas parcialmente implementados e depois abandonados a partir da década de 1980, com o agravamento da crise macroeconômica.

Um fato notável, do ponto de vista de instituições coordenadoras, é que somente em 1985, após o fim do regime militar, o país passa a ter um Ministério da Ciência e Tecnologia. Entretanto, o MCT, e todas as instituições de financiamento e de apoio ao desenvolvimento científico e tecnológico, enfrentaram séria crise até meados da década de 1990. Isto tem a ver com a fragilidade da terceira “perna” do tripé sugerido na seção 1 deste artigo: o sistema monetário-financeiro.

Apesar de o sistema monetário brasileiro ter-se desenvolvido em consonância com o desenvolvimento econômico do país desde as últimas décadas do século XIX, culminando com a criação do Banco Central em 1964, sua estrutura pouco evoluiu. Os bancos privados permaneceram restritos a operações comerciais. As demandas por financiamento ao investimento industrial e ao

¹⁰ Como relata Schwartzman (1979, p. 104), já na década de 1930 a ESALQ – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz buscava estreitar os vínculos ensino-pesquisa, especialmente em genética, em colaboração com o Instituto Agrônomo de Campinas que, em 1928, havia iniciado um programa de genética aplicada à agricultura (Schwartzman, 1979, p. 274).

¹¹ Especialmente por meio do FNDCT – Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

desenvolvimento científico e tecnológico só foram atendidas após a criação de agentes financeiros estatais: BNDE nos anos 1950 e FINEP nos anos 1960. Devido à inflação endêmica o sistema financeiro e de mercado de capitais permaneceu subdesenvolvido até meados dos anos 1990, e isso sem dúvida retardou ainda mais o já tardio processo de industrialização e, por extensão, de desenvolvimento científico e tecnológico.

5. IDENTIFICAÇÃO DE INTERAÇÕES ENTRE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

A essa tardia e problemática construção de instituições do sistema nacional de inovação somam-se, também com conotações negativas, as características do processo histórico de industrialização, cujas demandas sobre a infra-estrutura científica do país¹² foram limitadas e pouco desafiadoras. Vale a pena resumir as razões.

As condições adversas legadas pela escravidão e suas conseqüências sociais e econômicas fincaram raízes de desigualdade, retardaram a formação de um mercado de trabalho assalariado no país, limitaram o tamanho do mercado interno, geraram deficiências históricas na educação e na formação de qualificações técnicas, tudo isso com implicações sobre o processo de construção institucional, discutido nas seções anteriores. Sob essas condições adversas é que se alicerça o processo de industrialização iniciado nas últimas décadas do século XIX. Por ser atrelado ao desempenho da agricultura de exportação, pelo menos até o final da década de 1920, permaneceu restrito porque as demandas geradas pelo setor hegemônico – e pela sociedade de modo geral – eram limitadas. Por conseqüência, a demanda por soluções tecnológicas também eram limitadas.

Nesse ambiente, o sistema monetário e financeiro também se desenvolveu atrelado ao setor agrícola exportador, sobretudo para atender as necessidades em termos de créditos comerciais. Embora o processo de industrialização tenha se beneficiado desse desenvolvimento para descontos de títulos comerciais, esse benefício era limitado já que o sistema financeiro não oferecia créditos de longo prazo para investimento. E o próprio governo tinha um papel ambíguo: ao mesmo tempo em que oferecia proteção a determinadas atividades industriais, cortava recursos orçamentários de programas que visavam criar capacitações em áreas então consideradas estratégicas¹³.

A crise da economia agrícola exportadora e a Grande Depressão mudaram radicalmente o padrão de industrialização, agora mais voltado ao mercado interno. A indústria passou a crescer a taxas muito mais elevadas, diversificando sua estrutura produtiva, e contando com apoio governamental na forma de proteção e, da década de 1950 em diante, políticas industriais. As demandas da indústria sobre a infra-estrutura científica, embora mais sofisticadas, permaneceram pouco desafiadoras até pelo menos o final da década de 1980. Isto tem a ver com protecionismo

¹² Na leitura de Chandler (1990) sobre as grandes empresas nas industrializações dos Estados Unidos e da Alemanha, referências explícitas são apresentadas sobre a demanda apresentada e atendida pelas instituições de ensino dos dois países, em contraste com o Reino Unido (para os Estados Unidos, pp. 82-83; para a Alemanha, pp.425-426).

¹³ Schwartzman (1979, p. 115-119) relata uma “tentativa de implantação da química” a partir de 1919 quando, por iniciativa de um deputado federal, foi aprovado um projeto visando implantar institutos de química e cursos de química industrial em várias regiões do país. O projeto avançou com sucesso até 1930 quando o governo, às voltas com a crise econômica, suspendeu as subvenções federais.

exagerado, domínio de indústrias estratégicas por empresas multinacionais, descontinuidade de políticas públicas, e recorrentes crises macroeconômicas.

Em suma, essas características determinaram um padrão tecnológico predominante que apresentava poucas demandas sobre o sistema científico e universitário. As universidades permaneceram como instituições de ensino. A combinação ensino-pesquisa só é sistematizada no Brasil a partir das décadas de 1960 e 1970, quando começam a ser estruturados programas de pós-graduação.

Apesar de todas essas dificuldades, existem alguns exemplos históricos de articulações entre a economia e a formação de instituições de pesquisa e ensino, apresentados a seguir, que permitem desenvolver o argumento central deste artigo. A pressão de demandas provenientes da economia sobre a natureza das instituições científicas criadas é mencionada por Schwartzman (1979, p. 84): “novas faculdades com nítida inclinação para a esfera produtiva”, e por Cunha (1980, p. 216): “a pesquisa aplicada surgiu, no Brasil, em estabelecimentos criados para fazer frente a problemas concretos e imediatos”, passagem na qual o autor menciona o Instituto Agrônomo de Campinas, o Instituto Bacteriológico de São Paulo e o Instituto de Manguinhos, entre outros.

Ciências da saúde

Uma das áreas de conhecimento com status de excelência no Brasil de hoje é a de ciências da saúde, particularmente na pesquisa biomédica para produção de soros e vacinas. Duas instituições contribuíram de forma fundamental para esse resultado e alcançaram projeção internacional, tanto pela produção de conhecimentos científicos, divulgada por meio da publicação de artigos em periódicos internacionais, quanto pela produção de soros e vacinas: o Instituto Butantan (São Paulo) e o Instituto de Manguinhos (Rio de Janeiro), depois renomeado Instituto Oswaldo Cruz. Ambas são instituições centenárias, até hoje reconhecidas como centros de pesquisa de nível avançado.

Essas duas instituições foram criadas entre fins do século XIX e início do século XX¹⁴ visando o combate a problemas de saúde pública relacionados a doenças endêmicas e epidêmicas, além de doenças epizooticas (Schwartzman, 1979, p. 120-121). As atividades iniciais de produção de soros e vacinas rapidamente evoluíram para atividades de pesquisa científica lideradas por três dos primeiros cientistas brasileiros de renome: Adolfo Lutz, Vital Brazil e Oswaldo Cruz. A publicação de trabalhos científicos chamou a atenção de cientistas estrangeiros, que começaram a se interessar por esses trabalhos e a manifestar interesse em trabalhar no Brasil, o que efetivamente ocorreu nas décadas seguintes. Um fato marcante que influenciou essa tendência foi o reconhecimento internacional advindo da obtenção em 1907, pelo Instituto de Manguinhos, do primeiro prêmio da Exposição Internacional de Higiene em Berlim (Schwartzman, 1979, p. 132).

A importância desses institutos, em especial de Manguinhos, foi destacada por Stepan (1976), que identifica nesse contexto a origem da ciência brasileira. Foi destacada também por Schwartzman

¹⁴ O Instituto Butantan foi oficialmente criado em 1901, mas desde 1899 funcionou como Instituto Soroterápico do Butantan, e posteriormente incorporou o Instituto Bacteriológico de São Paulo, criado em 1892. O Instituto de Manguinhos foi fundado em 1900 como Instituto Soroterápico Municipal de Manguinhos.

(1979, p. 129), que descreve como o Instituto de Manguinhos, criado para produzir soros e vacinas, vai se transformando, sob a liderança de Oswaldo Cruz, em um centro de ensino, pesquisas, desenvolvimento tecnológico, inovação e prestação de serviços na área biomédica, posição que consolidou no período recente. Quanto ao Instituto Butantan, foi recentemente classificado como a mais importante instituição de pesquisa do país em termos da média de citação por artigo científico publicado¹⁵.

Ciências agrárias e engenharia florestal

A reconhecida competitividade internacional do Brasil em produtos agropecuários e agroindustriais baseia-se não apenas em vantagens comparativas como também em longo processo de criação de instituições de ensino e pesquisa na área. Esse processo começou no auge da economia cafeeira entre o último quarto do século XIX e as três primeiras décadas do século XX, e depois avançou à medida que o país se industrializava a partir da década de 1930.

No período sob hegemonia da produção cafeeira, a demanda dos produtores de café induziu a criação, a partir de fins do século XIX, de um conjunto de instituições relacionadas, direta ou indiretamente, às atividades cafeeiras. Essas instituições desempenharam relevante papel no desenvolvimento do ensino e da pesquisa nas ciências agrárias durante o século XX. Segundo Motoyama (2004, p. 213), constituíam um “complexo de instituições visando a incrementar o setor agropecuário”, e fariam parte do projeto de modernização econômica implementado pela elite cafeeira. As instituições mais importantes então criadas foram: o Instituto Agrônomo de Campinas (1887); a Politécnica de São Paulo (1894), que oferecia um curso de engenharia agrícola; a Escola Agrícola Prática, de Piracicaba (1901), depois denominada Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz; e, visando o combate a pragas e doenças do cafeeiro, foi criado o Serviço de Defesa do Café (1924), que daria origem ao Instituto Biológico de Defesa Agrícola e Animal (1927), depois conhecido como Instituto Biológico de São Paulo (Schwartzman, 1979, p. 422).

Alguns exemplos de atuações dessas instituições junto ao setor produtivo são ilustrativos. Na década de 1920 o governo do estado de São Paulo lançou um programa de pesquisas visando melhorar o cultivo do algodão no estado. O objetivo era produzir um algodão de fibra mais longa, com melhores preços e maior demanda no mercado internacional. Esse programa foi executado por um novo departamento dedicado ao algodão criado em 1922 no Instituto Agrônomo de Campinas, e consistia na seleção e distribuição de sementes diretamente aos produtores, conforme determinava a regulação das funções da Seção Algodoeira do IAC. Nessa relação entre o IAC e as empresas, teve um papel importante uma instituição financeira: a Bolsa de Mercadorias de São Paulo (BMSP), criada em 1917. Peláez (1972, p. 114-120) descreve a articulação entre o IAC, a BMSP, o governo, os agricultores e a indústria. A BMSP enviou técnicos para treinamento no exterior, e “enquanto o IAC desenvolvia novas fibras de algodão, a Bolsa de Mercadorias preparou o mercado para o algodão brasileiro” (p. 117). Segundo Peláez (1972, p. 117), “[a] maior parte dos ingredientes de programas modernos de

¹⁵ Trabalho elaborado por Rodrigo Semeghini com base em dados da Web of Science sobre citações entre 2005 e 2007 de artigos publicados em 2005, publicado na Folha de São Paulo, 28/10/2007, caderno Mais, p. 5.

assistência técnica estava nele incluído: desenvolvimento de centros de pesquisa, transmissão de tecnologias, conhecimentos financeiros, especialização no exterior e desenvolvimento do mercado”.

O papel do IAC na pesquisas sobre novas variedades de algodão, seleção de sementes e distribuição aos agricultores foi coadjuvado pela BMSP desde 1919. Entre outras coisas a Bolsa criou em 1922 uma Escola de Classificação de Algodão (p. 117). Os resultados positivos desse programa beneficiaram a indústria têxtil, então a mais importante do país, e estimulariam ainda mais sua concentração no estado (Suzigan, 2000, p. 161).

Outros casos de produtos bem sucedidos no mercado internacional também têm raízes históricas – embora menos longas – de interações entre governo, instituições de pesquisas e empresas. Esses casos incluem, entre outros, celulose, grãos e carnes.

No caso da celulose, o governo brasileiro lançou no início da década de 1930 um programa de estímulos fiscais e financiamentos para o desenvolvimento da produção interna de celulose. Simultaneamente, algumas empresas iniciaram um programa de pesquisas que visava selecionar sementes de espécies vegetais que fossem mais adequadas à produção de celulose. Para isso, mantinham laboratórios e áreas experimentais de plantio, empregando engenheiros agrônomos e florestais contratados na Europa (Suzigan, 2000, p. 312-313). Esse foi o primeiro esforço coordenado de interação ciência-tecnologia para a produção de celulose, e dele resultou a seleção de espécies que, posteriormente, gerariam a celulose de fibra longa de eucalipto, base da competitividade do país nessa indústria. Mais recentemente, no âmbito de projetos-genoma desenvolvidos no Brasil, com financiamento público e participação de instituições de pesquisa (inclusive Embrapa, ver abaixo) e empresas privadas da indústria de papel e celulose, pesquisas vêm sendo desenvolvidas com o fim de, por meio de melhoramento genético, aumentar a produtividade de biomassa, a resistência e o melhoramento da produção florestal (Dal Poz, 2007, p. 153-155).

A produção agropecuária, em que o Brasil tem amplas vantagens competitivas no mercado mundial, foi revolucionada no país a partir dos anos 1970, com os resultados da atuação da Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Criada em 1973 com o propósito de desenvolver atividades de pesquisa e desenvolvimento e transferir tecnologias aos produtores, a Embrapa desenvolveu extensa rede nacional de centros de pesquisa e criou expertise em ciências do solo, melhoramento genético, recursos florestais, ecologia/meio ambiente, fitotecnia, fisiologia, fitossanidade, zootecnia, sanidade animal, reprodução/nutrição animal (Salles-Filho, 2000, p. 103). Praticamente toda a produção agropecuária brasileira beneficiou-se, nas últimas três décadas, de resultados de pesquisas da Embrapa transferidos a produtores de grãos (soja, milho, sorgo, trigo), gado de leite e de corte, suínos e aves, caprinos, algodão, hortaliças e frutas, produtos florestais e outros. As pesquisas buscam adaptar espécies a tipos de solo e ambiente, introduzir melhoramentos genéticos, criar novos cultivares mais produtivos e resistentes a pragas e doenças, desenvolver variedades híbridas, introduzir novos sistemas de produção e de gerenciamento, e assim por diante. Nos anos mais recentes, dos 13 sub-projetos do Projeto Genoma Brasileiro, coordenado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia, nove contaram com a participação da Embrapa, abrangendo pesquisas sobre doenças parasitárias, micoses de suínos, busca de estirpes mais produtivas fixadoras de nitrogênio, promotores de crescimento vegetal, patogenia de fungos, genômica da banana, produtividade, resistência e melhoramento da produção florestal (Dal Poz, 2007, p. 153-155).

Mineração, Engenharia de Materiais e Metalurgia

As primeiras iniciativas empresariais para produção de ferro remontam ao início do século 19, mas só após a criação da Escola de Minas de Ouro Preto é que a produção começa a ganhar escala. A criação da EMOP foi inspirada por uma visita de D. Pedro II à École des Mines de Paris em 1872, que a usou como modelo e, para dirigir a futura escola, convidou um renomado professor francês. Inaugurada em 1876, a EMOP passou a exercer crescente influência por meio de formação de geólogos e engenheiros de minas e metalurgia. Entre fins do século 19 e inícios do século 20 esses profissionais contribuíram para criar instituições geográficas e geológicas e para mapear as reservas de minério de ferro do país. Seus estudos e pesquisas localizaram e mensuraram grandes reservas de minério de ferro de alto teor, e em 1910 suas descobertas foram apresentadas numa conferência internacional realizada em Estocolmo, o que motivou um grande afluxo de grupos empresariais internacionais interessados na exploração dessa reservas (Schwartzman, 1979: Apêndice; Suzigan, 2000: 274-75). Vários projetos frutificaram, dando origem às primeiras siderúrgicas brasileiras a partir da década de 1920. Porém, o impulso decisivo viria com a criação da Cia. Siderúrgica Nacional e da Companhia Vale do Rio Doce no período da II Guerra Mundial, e com as políticas de industrialização acelerada do pós-guerra.

Entretanto, um dos mais importantes dentre os fatores explicativos do atual sucesso da indústria brasileira de minérios e siderurgia no mercado mundial é a rica experiência de interação do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da UFMG com as empresas¹⁶. A partir da criação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Materiais na UFMG, em 1973, seus pesquisadores, constatando as dificuldades da indústria com tecnologias importadas, tomaram a iniciativa de propor às empresas uma colaboração visando diagnosticar os problemas e oferecer soluções. A colaboração contou com financiamento da Finep e começou com a criação de cursos de extensão tecnológica, evoluindo depois para programas cooperativos de pós-graduação entre a universidade e as empresas. Entre 1975 e 2006 o Departamento formou 256 Mestres em Engenharia Metalúrgica vinculados a 36 empresas, e 20 doutores vinculados a 10 empresas, todas da área de mineração e siderurgia. Várias das teses e dissertações defendidas contribuíram com importantes conhecimentos motivados pela busca de solução para problemas concretos das empresas, e geraram patentes e inovações tecnológicas de processo e de produtos¹⁷.

Além dos resultados concretos para as empresas, esse programa de colaboração entre a universidade e as empresas demonstra claramente a importância de aliar pós-graduação e pesquisa; comprova que as atividades de ensino também podem se beneficiar da colaboração, e oferece evidências de que as interações se prolongam temporalmente por meio da formação de redes interativas de pesquisadores das empresas e das universidades.

¹⁶ Sobre essa experiência, ver o notável relato de um dos principais protagonistas, Evando Mirra de Paula e Silva (Paula e Silva, 2007).

¹⁷ Paula e Silva (2007) apresenta vários casos concretos que ilustram com detalhes e elegância técnica os brilhantes resultados alcançados.

Engenharia aeronáutica

A atual posição da Embraer – Empresa Brasileira de Aeronáutica como uma das maiores fabricantes mundiais de aeronaves resulta de um longo histórico de esforços envolvendo governo, empresa e instituições de ensino e pesquisa. A empresa foi fundada em 1969, mas desde a década de 1930 lideranças militares e civis buscavam convencer o governo da necessidade de o país contar com uma indústria aeronáutica como parte do processo de industrialização e de uma estratégia de defesa nacional (Forjaz, 2005, p. 281-282).

O passo inicial, já no início da década de 1940 e no contexto da Segunda Guerra Mundial, foi a criação do Ministério da Aeronáutica, reunindo a aviação militar, vinculada ao exército, e a aviação naval numa só força aérea. Desde o início o projeto visava o domínio da tecnologia aeronáutica, e para isso, muito antes de iniciar a produção de aviões foram criados um curso de engenharia aeronáutica (ITA – Instituto Tecnológico de Aeronáutica) e um centro de pesquisas (CTA – Centro Tecnológico de Aeronáutica). Ambos foram concebidos em fins de 1945, e o ITA começou a funcionar em 1948 nas dependências do Instituto Militar de Engenharia (Rio de Janeiro), sendo formalmente criado no início de 1950 e instalado em São José dos Campos. Logo depois foi constituído o CTA, ao qual o ITA estava formalmente vinculado (Forjaz, 2005: 290).

Portanto, a formação de engenheiros aeronáuticos e o aprendizado em tecnologias aeronáuticas precederam a criação da indústria. Para assegurar um padrão de excelência nessas atividades, foram firmados convênios com instituições internacionais que tornaram possível trazer cientistas, pesquisadores e professores estrangeiros, e também formar professores brasileiros em cursos de pós-graduação. Em 1961 o ITA iniciou o ensino de pós-graduação, em 1968 voou um protótipo do avião Bandeirante projetado e construído no CTA, e em 1969 foi fundada a Embraer. Essa foi uma experiência pioneira de vinculação ensino/pesquisa/indústria, com fluxo de pessoas do exterior e para o exterior que contribuiu decisivamente para o sucesso da indústria. Analisando esse caso, Forjaz (2005, p. 292) enfatiza que “(...) um desenvolvimento científico e tecnológico autóctone, por necessitar de maior período de maturação, exige persistência e confiança no futuro, mas é capaz de assegurar o lançamento, pela indústria nacional, de produtos adequados ao mercado e capazes de sobreviver no acirrado ambiente de competição internacional”.

6. RAÍZES HISTÓRICAS DOS PONTOS DE INTERAÇÃO

Há outros casos, como os listados na introdução deste artigo, mas esses quatro exemplos bastam para uma rápida visão da presença de demandas apresentadas pela economia e sociedade durante algumas das “ondas de criação institucional”. Uma ilustração de casos além dos aqui apresentados encontra-se na obra de Celso Furtado (1982) que, em uma discussão sobre as tensões do processo de industrialização sob Vargas nos anos 1930, menciona a contribuição do IPT, tanto para o desenvolvimento da indústria de cimento (p. 21) como da metalúrgica (p. 23).

De certa forma, a partir de algumas posições bastante utilitaristas defendidas em debates sobre a futura universidade, a própria USP tem a sua criação relacionada com o surto industrial dos anos 1920 (Schwartzman, 1979, p. 192).

Também são apresentados elementos que sugerem as raízes históricas dos casos bem-sucedidos apresentados ao longo deste artigo: o caso discutido por Paula e Silva (2007) certamente tem raízes que levam à Escola de Minas de Ouro Preto, o relativo sucesso no controle da Doença de Chagas descrito por Morel (1999) apóia-se no Instituto de Manguinhos, a EMBRAPA e suas contribuições para a agricultura brasileira tem raízes em iniciativas como o Instituto Agrônômico de Campinas. O caso da EMBRAER, apresentado por Mazzoleni & Nelson (2007), tem raízes aparentemente mais recentes, ancoradas na quarta onda de criação institucional que gerou o CTA. Na verdade, as experiências de brasileiros com aviões têm uma tradição mais antiga, com Santos Dumont em 1906 (Motoyama, p. 191) e nos anos 1930 os militares começaram a defender a necessidade de uma indústria aeronáutica (em função de questões relacionadas à integração territorial e às necessidades de desenvolver o correio aéreo nacional).

Ou seja, os exemplos de sucesso de fato indicam que “é necessário uma construção de longo prazo, com esforços sistemáticos que persistem ao longo do tempo”, conforme a hipótese apresentada na introdução deste artigo.

Finalmente, os quatro casos apresentados contribuem para explicar as raízes históricas de especializações científicas que o Brasil possui hoje: medicina/saúde, agricultura e engenharias de materiais/metalurgia e aeronáutica são áreas e/ou disciplinas científicas relevantes no país¹⁸. Esse rápido sumário contribui para compreender a longa construção existente nessas áreas.

7. CONCLUSÃO

Este artigo, parte de uma pesquisa em andamento, é apenas uma introdução a uma agenda de pesquisa mais ampla. Inúmeras questões aqui apresentadas exigem posterior investigação e desenvolvimento. Esta versão contribui apenas para a organização de alguns aspectos das raízes históricas do padrão atual de interação entre universidades/institutos de pesquisa e empresas no Brasil para posterior investigação.

Com relação às duas hipóteses apresentadas na introdução, agora elas podem ser avaliadas de um ponto de vista mais informado.

Em primeiro lugar, o começo tardio da construção das instituições de pesquisa e ensino superior é um componente importante para a compreensão dos limites do NSI atual. Mas, como discutido, esse começo foi não apenas tardio, mas também limitado (tímido) e problemático (dadas as condições adversas). A compreensão das relações entre a natureza desse começo contribui para um melhor discernimento da relação entre problemas como o padrão de distribuição de renda existente e a

¹⁸ As disciplinas científicas do ISI que o Brasil tem maior especialização (medido por um índice de especialização superior a 2,0) são as seguintes: 1) Agricultura/Agronomia, 2) Dentística, Cir. Oral e Medicina, 3) Biologia, 4) Entomologia, 5) Pesquisa Médica e Tópicos Gerais (dados do ISI para 2001). Geologia e engenharia de minas estão em oitavo lugar (com um índice de especialização de 1,526).

inexistência de políticas públicas ofensivas para a superação do analfabetismo e para a generalização do ensino básico, como por exemplo houve no início do processo de industrialização japonês ou nos processos de *catching up* da Coreia do Sul e de Taiwan.

Em segundo lugar, ao focalizar casos representativos nos quais a interação entre demandas sociais e econômicas e a construção de instituições teve lugar, pôde-se confirmar a hipótese de que os casos de sucesso existentes no país têm raízes históricas sólidas. Alguns aspectos da especialização científica brasileira atual podem ser compreendidos pelos elementos apontados pelas trajetórias das ciências saúde, ciências agrárias, mineração, engenharia de materiais e metalurgia, e engenharia aeronáutica.

Finalmente, retomando o diálogo com a proposta de Szmrecsányi (2000), o diagnóstico de, por um lado, problemas do começo tardio e, por outro, da longa maturação dos casos de sucesso do país aqui realizado, fortalece a identificação dos desafios para o caso da difusão de C&T “do centro para a periferia do capitalismo”, o que de fato ressalta o papel das variáveis tempo, esforço e vontade política (p. 406).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARRIGHI, G. (1994) *O longo século XX: dinheiro, poder e as origens do nosso tempo*. Rio de Janeiro/São Paulo: Contraponto/Unesp (1996).
- BLACKBOURN, D. (2003) *History of Germany, 1780-1918: the long nineteenth century*. Malden: Blackwell Publishing.
- BOSI, A. (1993) *Dialética da colonização*. São Paulo: Companhia das Letras.
- BRAUDEL, F. (1979, 1986). *Civilização material, economia e capitalismo: séculos XV-XVIII*. São Paulo: Martins Fontes, 3 v (Vol.1: A estrutura do cotidiano; Vol.2: Os jogos das trocas; Vol.3: O tempo do mundo). (1995-1996).
- CARVALHO, L. R. (1993) A educação e seus métodos. In: HOLANDA, S. B. *História Geral da Civilização Brasileira: a época colonial (administração, economia, sociedade)*, volume II, pp. 76-87 (7ª edição)
- CHANDLER JR., A. (1990) *Scale and scope: the dynamics of industrial capitalism*. Harvard: Belknap.
- COHEN, W.; LEVINTHAL, D. (1989) Innovation and learning: the two faces of R&D. *The Economic Journal*, v. 99, n. 397, p. 569-596.
- COHEN, W.; NELSON, R.; WALSH, J. (2002) Links and impacts: the influence of public R&D on industrial research. *Management Science*, v. 48, n. 1, pp. 1-23.
- CUNHA, L. A. (1980) *A universidade temporã*. Rio de Janeiro: Francisco Alves.
- DAL POZ, E. (2006), *Redes de Inovação em Biotecnologia: genômica e direitos de propriedade intelectual*. Tese de Doutorado, Departamento de Política Científica e Tecnológica, Instituto de Geociências, UNICAMP. Campinas, agosto.
- FORJAZ, M. C. S. (2005), As origens da Embraer. *Tempo Social, revista de sociologia da USP*, v. 17, p. 281-298, junho.
- FREEMAN, C. (1995) The "National System of Innovation" in historical perspective. *Cambridge Journal of Economics*, v. 19, n. 1.
- FREEMAN, C. (1999) Innovation systems: city-state, national, continental and sub-regional. In: CASSIOLATO, J.; LASTRES, H. *Globalização e inovação localizada*. Brasília: IBICT, pp. 109-167.
- FREYRE, G. (1990). *Sobrados e mucambos*. 12a. edição. Rio de Janeiro: Record (2000).
- FURTADO, C. (1982). *Análise do "modelo" brasileiro*. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 8ª. Edição (1986).
- FURTADO, C. (1987). Underdevelopment: to conform or to reform. In: MEIER, G. (ed) *Pioneers of development*. Second Series. Oxford: Oxford University/World Bank.
- HOLANDA, S. B. (1991) *Raízes do Brasil*. 23ª ed. Rio de Janeiro: José Olympio.

- KLEVORICK, A.; LEVIN, R.; NELSON, R.; WINTER, S (1995). On the sources and significance of inter-industry differences in technological opportunities. *Research Policy*, v. 24, p. 185-205.
- MADDISON, A. (2001) *The world economy: a millennial perspective*. Paris: OECD.
- MAZZOLENI, R.; NELSON, R. (2007) The Roles of Research at Universities and Public Labs in Economic Catch-up. *Research Policy* (articles in press).
- MOKYR, J. (1990) *The lever of riches: technological creativity and economic progress*. Oxford: Oxford University Press.
- MOREL, C. (1999) Chagas' disease, from discovery to control – and beyond. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, v. 94, Sup. I, pp. 3-16.
- MOTOYAMA, S. (Organizador, 2004) *Prelúdio para uma história: ciência e tecnologia no Brasil*. São Paulo: Edusp/Fapesp.
- NARIN, F.; HAMILTON, K. S.; OLIVASTRO, D. (1997) The increasing linkage between U.S. technology and public science. *Research Policy*, v. 26, n. 3, pp. 317-330.
- NELSON, R.; ROSENBERG, N. (1993) Technical innovation and national systems. In: NELSON, R. (Editor, 1993, p. 3-21).
- NELSON, R. (Editor, 1993). *National innovation systems: a comparative analysis*. New York, Oxford: Oxford University Press.
- NELSON, R.; ROSENBERG, N. (1994) American universities and technical advance. *Research Policy*, v. 23, pp. 323-348.
- NELSON, R.; WRIGHT, G. (1992) The rise and fall of American technological leadership: the postwar era in historical perspective. *Journal of Economic Literature*, vol. 30, December.
- NOVAIS, F. (1979) *Portugal e Brasil na Crise do Antigo Sistema Colonial (1777-1808)*. São Paulo: HUCITEC.
- O'SULLIVAN, M. (2004) Finance and innovation. In: FAGERBERG, J.; MOWERY, D.; NELSON, R. *Oxford handbook on innovation*. Oxford: Oxford.
- OECD (2002) *Benchmarking industry-science relationships*. Paris: OECD.
- PAULA, J. A. (1988) *Prometeu no Sertão: economia e sociedade na capitania das Minas dos Matos Gerais*. São Paulo: USP/Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras (Tese de Doutorado em História).
- PAULA E SILVA, E. M. (2007) A Experiência da Colaboração do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da UFMG com Empresas – lições para a Lei da Inovação. *Revista Brasileira de Inovação*, 6 (2), p. 433-459.
- PELÁEZ, C. (1972) *Historia da industrialização brasileira : critica a teoria estruturalista no Brasil*. Rio de Janeiro: APEC.
- PELÁEZ, C. M.; SUZIGAN, W. (1976) *História monetária do Brasil: análise da política, comportamento e instituições monetárias*. Rio de Janeiro: IPEA/INPES.

- RAPINI, M. (2007) Interação Universidade-Empresa no Brasil: evidências do Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil. *Estudos Econômicos*, v. 37, n. 2, pp. 212-233.
- RAVETZ, J. R. (1990) The Copernican revolution. In: OLBY, R. C. *Companion to the history of modern science*. London: Routledge, pp. 201-216.
- REALE, G.; ANTISERI, D. (1986) *História da filosofia*. São Paulo: Paulus (1990), volume II, pp. 185-322.
- ROSENBERG, N. (1972) *Technology and American economic growth*. Armonk: M. E. Sharpe.
- ROSENBERG, N. (1982) *Inside the black box: technology and economics*. Cambridge: Cambridge University.
- ROSENBERG, N. (1991). Why do firms do basic research (with their money)? *Research Policy*, v.19: pp.165-174.
- ROSENBERG, N. (2000) *Schumpeter and the endogeneity of technology: some American perspectives*. London: Routledge.
- SALLES-FILHO, S. (Coord., 2000) *Ciência, Tecnologia e Inovação: reorganização da pesquisa pública no Brasil*. Campinas, Editora Komedi.
- SANJAD, N. (2006) Emílio Goeldi (1859-1917) e a institucionalização das ciências naturais na Amazônia. *Revista Brasileira de Inovação*, 5 (2), p. 455-477).
- SCHUMPETER, J. (1939) *Business cycles: a theoretical, historical and statistical analysis of the capitalist process*. Philadelphia: Porcupine, 1989.
- SCHWARTZMAN, S. (1979) *Formação da comunidade científica no Brasil*. São Paulo: Nacional.
- SCHWARZ, R. (1991) *Um mestre na periferia do capitalismo: Machado de Assis*. São Paulo: Duas Cidades, 2ª ed.
- STEPAN, N. (1976) *Beginnings of Brazilian science: Osvaldo Cruz, medical research and policy, 1890-1920*. New York: Science History Publications.
- SUZIGAN, W. (2000) *Indústria brasileira: origem e desenvolvimento*. São Paulo: Hucitec.
- SYLLA, R. (1982) Monetary innovation in América. *Journal of Economic History*, v. XLII, n. 1; pp. 21-30.
- SZMRECSÁNYI, T. (2000) Por uma história econômica da ciência e da tecnologia. *Economia Aplicada*, v. 4, n. 2, pp. 399-407.
- VIOTTI, E.; MACEDO, M. M. (orgs) (2003) *Indicadores de ciência, tecnologia e inovação no Brasil*. Campinas: Editora Unicamp.