



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Marília



CULTURA
ACADÊMICA
Editora

O Brasil na atual conjuntura científico-tecnológica da economia mundo capitalista

Pedro Antônio Vieira; Luiz Mateus da Silva Ferreira

Como citar: VIEIRA, Pedro Antônio; FERREIRA, Luiz Mateus da Silva. O Brasil na atual conjuntura científico-tecnológica da economia mundo capitalista. *In:* VIEIRA, Rosângela de Lima. **O Brasil, a China e os EUA:** na atual conjuntura da economia-mundo capitalista. Marília: Oficina Universitária; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2013. p. 247-278.
DOI: <https://doi.org/10.36311/2013.978-85-7983-415-8.p247-278>



All the contents of this work, except where otherwise noted, is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported.

Todo o conteúdo deste trabalho, exceto quando houver ressalva, é publicado sob a licença Creative Commons Atribuição - Uso Não Comercial - Partilha nos Mesmos Termos 3.0 Não adaptada.

Todo el contenido de esta obra, excepto donde se indique lo contrario, está bajo licencia de la licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported.

O BRASIL NA ATUAL CONJUNTURA CIENTÍFICO- TECNOLÓGICA DA ECONOMIA MUNDO CAPITALISTA

Pedro Antônio Vieira

Luiz Mateus da Silva Ferreira

Ao primeiro exame, não podemos [os historiadores] destacar o essencial de uma situação histórica quanto a seu devir? Das forças em luta, sabemos quais hão de prevalecer. Discernirmos antecipadamente os eventos importantes, aqueles que terão consequências, a quem o futuro finalmente será entregue. Privilégio imenso! (Fernand Braudel)

El mundo se encuentra nuevamente en una encrucijada en la cual se manifiesta fuertemente la necesidad de criterios explicativos y orientadores. (Carlota Pérez)

1 INTRODUÇÃO

Talvez nossa principal tarefa como cientistas sociais históricos seja explicar, ou melhor, desvelar/mostrar, as diversas estruturas e conjunturas (econômicas, políticas, econômicas, sociais, científico-tecnológica, entre outras), caracterizando-as e demarcando em que estágio de sua duração elas se encontram. Esta difícil tarefa parece absolutamente necessária para dar sentido e significado aos acontecimentos, para avaliar com mais precisão o curso da mudança social. Fazendo uma analogia com as fases de um ser humano, estariam estas estruturas/conjunturas em fase

de gestação, infância, juventude, idade madura ou velhice? Caso tenhamos sucesso nesta datação e consigamos avaliar tanto a organização interna como as ameaças e apoios do ambiente em que se desenvolve, podemos nos arriscar a fazer afirmações sobre sua evolução. Esta avaliação se sustenta na suposição de que as mudanças mais significativas são aquelas que alteram as estruturas e que por isso acontecem lenta e, mesmo, imperceptivelmente.

Nos últimos anos temos nos dedicado à tarefa de pesquisar como o sistema social chamado economia-mundo capitalista vem se desenvolvendo ao longo dos últimos quinhentos anos, o que significa criar estruturas que vão condicionando a vida dos povos ao redor de todo o planeta terra. Estamos particularmente interessados em identificar e explicar estas estruturas nesta parte da economia-mundo chamada Brasil. Em Vieira (2010, 2012) buscou-se mostrar como a cadeia do açúcar se estendeu para a colônia portuguesa da América no início do século XVI e como a partir daí os processos políticos e econômicos originados em geral no centro da economia-mundo se expressavam na América portuguesa. Conseguiu-se chegar até a metade do século XVII, quando já parecia estar consolidada a posição periférica do “Brasil”.

No presente ensaio o objetivo continua sendo o mesmo, somente com um recorte temporal menor – o tempo conjuntural – e enfocando uma única estrutura, a mudança tecnológica. Para tanto, vamos procurar desvelar as condições estruturais e conjunturais que, no Brasil, condicionam – para não dizer determinam – o grau e a forma em que as mudanças em curso na mudança tecnológica se processam no país. Em outras palavras, nos esforçaremos para avaliar até que ponto as estruturas que operam nessa região da economia-mundo permitem aproveitar as “janelas de oportunidades”¹ e resistir às ameaças da conjuntura científico-tecnológica.

Pérez (2004, p. 47) observa que “A capacidade para realizar mudanças estruturais na direção mais vantajosa é uma habilidade societal muito valiosa para alcançar o desenvolvimento e, depois, para preservar e incrementar a vantagem à medida em que vão mudando o contexto e as

¹ Pérez (2004, p. 47) defende que em momentos de mudança no paradigma tecnoeconômico abrem-se janelas de oportunidade tanto para adiantar-se (*forging ahead*), como para alcançar (*catching-up*) os líderes, isso porque os mais avançados também estão aprendendo. Oportunidades por um lado, ameaças por outro, pois o “[...] o excesso de inércia pode ter como consequência o retrocesso (*falling behind*)”.

oportunidades.” Esse exercício parece-nos relevante na medida em que a maioria das projeções e também os planos governamentais – que em muitos casos pretendem enfrentar exatamente as estruturas – não consideram seriamente as restrições estruturais e conjunturais.

Para tanto, vamos começar esclarecendo o que entendemos por conjuntura e estrutura, bem como as relações entre estes dois conceitos (Seção 2). Em seguida, na Seção 3, argumentaremos que a mudança tecnológica é uma estrutura fundamental da economia-mundo, que no início do século XX será renovada pela ligação com a ciência, como se busca demonstrar na Seção 4. Na Seção 5 procuraremos propor argumentos e apresentar evidências sobre a posição do Brasil nesta conjuntura.

2 ESTRUTURA, CONJUNTURA E ECONOMIA-MUNDO

A lenta e complexa mudança social só pode ser compreendida mediante o entendimento de que as relações sociais, ao se repetirem constantemente, se institucionalizam e condicionam a vida de muitas gerações. Este condicionamento acontece porque pessoas e organizações (governos, empresas, etc.), mesmo com distintos interesses, articulam-se dentro do sistema social que compartilham, para dar à vida social uma certa estabilidade, sem a qual aquela seria impossível. Não deve ser esquecido que as relações sociais se objetivam em instalações (fábricas, edifícios) e infraestrutura (estradas, usinas, portos, etc) que representam condicionamentos materiais à vida de gerações. Em suma, as relações sociais, as instituições e a infraestrutura material, ao funcionarem como condicionantes da vida de gerações, vêm a constituir o que chamamos de estruturas.

De acordo com Braudel (1998), quando a duração destas relações sociais e instituições não vai além de um Kontratoeff, isto é, 45-60 anos, tem-se uma conjuntura, que também pode ter menor duração. De fato, longa ou curta, “[...] a conjuntura comanda os processos concomitantes, forja a história dos homens.”² (BRAUDEL, 1998, p. 566).

² “A conjuntura que eleva, detém ou retrai os preços ingleses não é, portanto, um tempo próprio da Inglaterra, mas o ‘tempo do mundo’.” Embora este tempo ou esta conjuntura tenha um epicentro, “[...] o mundo trabalha e deforma a conjuntura [...]” (BRAUDEL, 1998, p. 567).

Na perspectiva aqui adotada, as conjunturas podem ser vistas como períodos particulares de mudança em uma estrutura ou como relações não existentes que são criadas e se reproduzem no mínimo pelo tempo de um Kondratieff, e que podem se transformar em estruturas ou, ao contrário, deixar de existir. Para ilustrar o primeiro tipo, pensamos no espasmo industrialista ocorrido no Brasil em meados do século XIX. Nesta fase da industrialização brasileira – inaugurada com a expiração dos tratados de livre-comércio no início dos anos 1840, com a implementação da Tarifa Alves Branco (1844) e com a assinatura da Lei Eusébio de Queiroz (1850) – o movimento industrialista, coordenado por alguns pioneiros de espírito audaz, dentre os quais se destaca Irineu Evangelista de Souza, o Barão de Mauá, sucumbiu aos interesses agrários da aristocracia rural do país. Os esforços de Mauá não encontraram condições políticas, econômicas, sociais e culturais que conduzissem ao desenvolvimento industrial do país. A escravidão ainda estava presente. Faltavam, assim, trabalhadores livres e assalariados para constituir a base do mercado consumidor. Do ponto de vista cultural, predominavam os valores do *ancien régime*, ou seja, a conservação das estruturas e modos de vida, que em muitos aspectos, negam a lógica capitalista da destruição criadora.

Por outro lado, um exemplo de novas relações pode ser a introdução do assalariamento na lavoura cafeeira no Brasil no final do século XIX, atividade que, como sabemos, desde seu início na década de 1820 até sua consolidação na década de 1880 empregou trabalho escravo. Daí pra frente o trabalho assalariado – ao lado de outras relações de trabalho – se ampliou continuamente, transformando-se em estrutura.

Qual a relação entre conjuntura e estrutura? Quando se trata de mudança em relações já existentes, então a diferenciação entre *conjuntura e estrutura* é de matriz, no sentido de que simplesmente se está diante uma nova fase do mesmo processo, fase esta que se caracteriza pela sucessão de relações sociais de alguma maneira diferentes e ao mesmo tempo iguais às anteriores. Por exemplo, quando as relações capitalistas na agricultura cafeeira foram renovadas ou reforçadas pelo desenvolvimento dessas relações na indústria, ou ainda, quando o estado imperial brasileiro foi substituído pelo estado republicano. Dado que tanto a conjuntura como a

estrutura são processos com determinada duração, a identificação de uma e de outra só pode ser feita em retrospectiva, *a posteriori*.

Quando pensamos na conjuntura atual da economia-mundo, teríamos que responder à difícilíssima pergunta de se este sistema histórico teria entrado na sua etapa terminal, quando os ritmos cíclicos já não conseguem mais restabelecer o equilíbrio, de forma que a tendência secular é de desintegração. Estaríamos atravessando, como propõem Hopkins e Wallerstein (1998), uma era de transição que pode se estender por algumas poucas gerações? Evidentemente esta é uma questão chave. Se a economia-mundo capitalista entrou em uma fase irreversível de desintegração, as estratégias e táticas dos agentes sociais seriam outras, que não a de procurar melhorar suas posições, através, por exemplo, da promoção do desenvolvimento econômico. Não obstante a esta enorme relevância, vamos ignorar este problema e pensar a conjuntura como se a economia-mundo fosse perdurar por muito tempo. Assim procedendo, precisamos identificar a atual conjuntura da economia-mundo. Antes, porém, faz-se necessário um breve esclarecimento sobre o que entendemos por economia-mundo e seu processo evolucionário.

Seguindo Wallerstein (1999), consideramos que o sistema social histórico chamado economia-mundo surgiu no século XVI na Europa e hoje abarca todo o globo terrestre. Neste sistema, o todo pode ser decomposto em vários subsistemas: o econômico, o político, o cultural, o ideológico, o social, o científico-tecnológico e, mesmo, o ecológico. Não obstante, para os fins do presente ensaio, consideram-se apenas os seguintes subsistemas: o *econômico*, formado pelas cadeias mercantis que nestes mais de 500 anos foram se multiplicando e se estendendo até cobrir praticamente todos os recantos do globo terrestre; o *interestatal*, formado pelas diferentes jurisdições políticas, chamadas Estados nacionais, formalmente soberanos, mas que devem seu reconhecimento aos demais estados, principalmente àquele reduzido número que compõe o núcleo deste subsistema; o *ideológico*, formado pelo conjunto de ideias, valores, conceitos (morais, políticos, científicos, econômicos, etc.) que funcionam como uma espécie de programa mental do mundo moderno.

Uma característica importante e permanente da economia-mundo é a distribuição desigual do poder e da riqueza entre os Estados (e também

dentro deles), de modo que podemos identificar três regiões: centro, semi-periferia e periferia³. Esta distribuição desigual está estreitamente relacionada com a capacidade, também desigual, de cada uma destas áreas sediar uma proporção maior de nódulos mais rentáveis das cadeias mercantis, rentabilidade que é determinada pelo grau de sofisticação tecnológica dos produtos, o que, obviamente, depende do ímpeto inovativo de cada uma das regiões, ímpeto que é desigual.

A evolução da economia-mundo pode ser captada através da constituição, interação e expansão temporal e espacial dos três subsistemas. O subsistema econômico parece ter sido o primeiro a emergir, pois cadeias mercantis mundiais podem ser registradas já no século XVI⁴, ampliando-se ininterruptamente desde então, – tanto em número quanto em alcance espacial – a ponto de que hoje, se é praticamente impossível quantificar seu número, pode-se afirmar com muita segurança que elas se estendem por todo o globo. O subsistema interestatal tem uma data de fundação, 1648, com a Paz de Westphalia, que formalizou o estado-nacional como a unidade política soberana⁵. Criado sob liderança das Províncias Unidas, este subsistema será amistoso para com os capitalistas, o que permite afirmar que daí pra frente o princípio capitalista da acumulação incessante de capital também passou a ser incorporado pelos Estados, que procuraram - e procuram - aumentar seu poder através do estímulo à acumulação de capital em suas fronteiras. A competição entre os Estados operou para difundir este comportamento entre eles, fortalecendo e consolidando o capitalismo, que daí pra frente contou com o poder do Estado para vencer as resistências a seu pleno desenvolvimento. Já o sistema ideológico, como propõe Wallerstein (2011), parece ter surgido mais tarde, mais propriamente com a Revolução Francesa de 1789. Parodiando Marx, quem afirmou que, com a máquina, a produção capitalista passou a andar com seus próprios pés, diríamos que com o constitucionalismo republicano, com as ideias de igualdade e liberdade individual, de mudança social necessária, possível

³ Para detalhes desta configuração, principalmente no que se refere à semi-periferia, ver Arrighi (1998).

⁴ Em Vieira (2010) fez-se um esforço de mostrar a cadeia mercantil do açúcar cujos nódulos já no século XVI ligavam a América, a Europa, a África e a Ásia.

⁵ “O término da Guerra dos Trinta anos consolidou o sistema europeu de estados nacionais.” (TILLY, 1996, p. 244).

e desejável promovida com a participação política do povo⁶, ou seja, com o liberalismo, a economia-mundo capitalista formaliza um quadro ideológico próprio, o qual, como sabemos, foi sendo difundido – como o Estado nacional, desde 1648 – por todo o mundo, gerando, como vemos ainda hoje, conflitos agudos com outras concepções de mundo.

Nas próximas seções argumentar-se-á que a inovação baseada no conhecimento científico é uma estrutura da economia-mundo e a big science uma *conjuntura*, dentro da qual o Brasil será posicionado.

3 A INOVAÇÃO TECNOLÓGICA COMO ESTRUTURA DA ECONOMIA-MUNDO CAPITALISTA

Ainda que algumas regiões possam conhecer processos involutivos, no seu conjunto a economia-mundo se expande por fases, sem retrocessos, sendo que uma das principais forças propulsoras deste movimento tem sido a contínua mudança nas técnicas produtivas, comerciais e financeiras, como já advertido por Marx e Engels no *Manifesto Comunista* de 1848: “A burguesia não pode existir sem revolucionar continuamente os instrumentos de produção e, por conseguinte, as relações de produção, portanto todo o conjunto de relações sociais.” (MARX; ENGELS, 1996, p. 69). Na mesma direção, Wallerstein (1999, p. 22) observa que

[...] el logro social del mundo moderno consiste en haber inventado la tecnología que hace posible incrementar el flujo de excedente desde los estratos inferiores a los superiores, de la periferia al centro, de la mayoría a la minoría, eliminando el ‘despilfarro’ de una superestructura política excesivamente engorrosa. [...] las técnicas del capitalismo moderno y la tecnología de la ciencia moderna, que como ya sabemos están un tanto ligadas entre sí, permitieron que esta economía-mundo creciera, produjera y se expandiera sin la emergencia de una estructura política unificada.

Radicalizando na relevância da inovação, Schumpeter [1942], propõe que ela seja vista como essência e aspecto definidor do capitalismo:

⁶Wallerstein (2011) argumenta que a partir de então, a luta política central giraria em torno da definição de quem é o povo, ou seja, quem está capacitado para tomar decisões e participar na distribuição da riqueza.

[...] o capitalismo, então, é pela própria natureza, uma forma ou método de mudança econômica, e não apenas nunca está, mas nunca pode estar estacionário. [...] O impulso fundamental que inicia e mantém o movimento da máquina capitalista decorre de novos bens de consumo, dos novos métodos de produção ou transporte dos novos mercados das novas formas de organização industrial que a empresa capitalista cria [...] *Esse processo de destruição criativa é o fato essencial do capitalismo.* (SCHUMPETER, 1984, p. 112-113, grifos nossos).

Se a mudança permanente e contínua é a essência do capitalismo, então ela é uma condição inevitável da economia-mundo capitalista, e como tal condiciona a vida social não de algumas, mas de todas as gerações, o que a nosso ver, justifica que consideremos a inovação com uma estrutura.

Esta lógica de “destruição criadora” é observada historicamente, de maneira concentrada e muito mais poderosamente, a cada revolução tecnológica, quando, segundo a abordagem neo-schumpeteriana, emerge um novo paradigma tecnoeconômico que promove um salto quantitativo na produtividade total dos fatores e abre novas oportunidades na trajetória do desenvolvimento (PEREZ, 2004). A autora identifica cinco revoluções tecnológicas sucessivas entre 1770 e 2000, sumariamente apresentadas no Quadro 1 abaixo.

Revolução Tecnológica	Nome	Inovação promotora do <i>big-bang</i>	Países Núcleo
Primeira (1771)	Revolução Industrial	Abertura da fábrica de algodão de Arkwright em Cromford	Inglaterra
Segunda (1829)	Era do vapor e das ferrovias	Prova do motor a vapor Rocket para a ferrovia Liverpool-Manchester	Inglaterra
Terceira (1875)	Era do aço, da eletricidade e da engenharia pesada	Inauguração da fábrica de aço Bessemer de Carnegie, na Pensilvânia	EUA e Alemanha
Quarta (1908)	Era do petróleo, do automóvel e da produção em massa	Saída do primeiro modelo-T da planta de Ford em Detroit, Michigan	EUA e Alemanha
Quinta (1971)	Era da informática e das telecomunicações	Anúncio do microprocessador Intel, em Santa Clara, Califórnia	EUA

Quadro 1 – Revoluções Tecnológicas: 1700-2000.

Nota: No ano entre parênteses ocorreu a inovação que funcionou como o *big-bang* promotor da revolução.

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de Perez (2004, p. 35-39).

É digno de nota que: (1) as revoluções se estendem por 50-60 anos, duração que na perspectiva por nós adotada corresponde à conjuntura, quer dizer, a uma etapa de atualização e renovação dessa condição estrutural da economia-mundo que é a mudança tecnológica; (2) todas aconteceram em Estados hegemônicos ou em vias de tornarem-se hegemônicos, o que nos leva a pensar que a condição hegemônica parece conter uma dimensão tecnológica, que permite a reorganização da economia-mundo numa direção que será também seguida pelos concorrentes mais próximos, com alguns deles conseguindo se aproximar do *hegemon*, como EUA e Alemanha em relação à Inglaterra no XIX, e mesmo consolidar a condição hegemônica (os EUA no século XX), ao passo que outros se colocaram no núcleo orgânico, aumentando sua participação na distribuição do poder e da riqueza mundiais, como por exemplo, Japão e Coreia do Sul.

Em todos os casos, pode ser observada a aceitação – mesmo que forçada – pelo conjunto da sociedade e com a indispensável participação do Estado, da destruição criadora exigida pelo avanço capitalista. Com as particularidades devidas à conjuntura da economia-mundo, às características culturais do país em questão, sempre podemos encontrar uma complexa sinergia entre capitalistas, Estado e classe trabalhadora, de modo a constituir um meio-ambiente econômico, ideológico, político, jurídico e educacional propício à inovação.

Deve-se observar que o papel do Estado neste sistema é importante, porém ele não é o demiurgo criador do mencionado meio-ambiente, até porque a natureza e as características do próprio Estado – por exemplo, estimulador ou não da inovação – vão sendo definidas nas relações com as classes sociais, com o sistema produtivo existente no momento da formação do Estado, e também da sua posição – presente e pretendida – no sistema interestatal.

Tendo mostrado como a inovação é constitutiva da própria economia-mundo, sendo, portanto, uma estrutura desta, na próxima seção vamos ver como esta estrutura é revitalizada ao ser dinamizada pela ciência, o que, no século XX, aconteceu nos EUA.

4 A *BIG SCIENCE* COMO UMA CONJUNTURA ESPECÍFICA DA ESTRUTURA DA INOVAÇÃO PROMOVIDA PELO CONHECIMENTO CIENTÍFICO

Mais acima havíamos dito que a dimensão tecnológica é uma das bases da hegemonia, o que fica muito evidente no caso da hegemonia estadunidense. Arrighi (1996) mostrou como a economia-mundo foi reorganizada pelo Estado e pelos capitais norte-americanos e, embora não tenha sido particularmente abordada, não há dúvida que a liderança econômica, política e militar esteve sempre acentada na liderança científico-tecnológica em cada uma destas áreas. Nesta seção vamos mostrar a evolução desta liderança científico-tecnológica.

Esta liderança não poderia ter sido alcançada se os EUA não fossem em primeiro lugar um país receptivo à inovação. De fato, a tendência para inovar parece ser uma característica constitutiva da sociedade estadunidense, o que gera soluções novas em todos os campos da vida social, como se pode ver na forma de governo criada quando da sua independência em 1776⁷. Stokes (2005, p. 69) observa que, antes desta data, o espírito investigativo com fins práticos não era estranho à elite política:

Desde os tempos coloniais, os cientistas norte-americanos consideraram natural mesclar a busca de entendimento e o uso. A sua sociedade era voltada para a tecnologia, como uma poderosa crença no progresso, e eles poderiam ser atraídos para a ciência tanto pela crença de que elas os ajudaria de forma prática quanto pelo fascínio da descoberta. Antes da Revolução, Benjamin Franklin⁸ registrou essa fusão de metas na carta da criação da American Philosophical Society.

Difundida socialmente e legitimada pelas elites políticas e econômicas, a inovação ganhou uma capacidade quase ilimitada de realização ao ser também (ou seria principalmente?) estimulada pela busca do lucro, pelo individualismo e pela aceitação social da competição.

No final do século XIX esta propensão à inovação entrou em uma nova fase com a criação de universidades públicas pelos estados, as

⁷ Uma ilustração singela é a peculiaridade do processo de escolha do presidente, que, ao não se dar pelo voto direto dos eleitores, parece, a nós brasileiros, menos democrático, mas que se explica pela autonomia e força dos estados, os quais elegem o presidente.

⁸ O próprio Franklin foi inventor e pesquisador: inventou o aquecedor e no campo da eletricidade realizou “[...] seu trabalho científico mais importante.” (STOKES, 2005, p. 70).

quais através de pesquisa e treinamento de pessoal “[...] apoiaram boa parte da transferência de tecnologia interna que sustentou o talento inventivo dos EUA. As universidades estaduais, em particular, foram fortemente orientadas em direção à exploração da base de recursos naturais locais.” (MOWERY; ROSENBERG, 2005, p. 196). Os mesmos autores também destacam que, além de explorar os recursos locais como um retorno à sociedade que as financiavam, as universidades públicas procuraram “[...] oferecer benefícios econômicos às suas regiões através de vínculos formais e informais com o setor industrial.” (MOWERY; ROSENBERG, 2005, p. 35). Como decorrência, “Tanto o currículo como a pesquisa do ensino superior dos EUA tornaram-se mais voltados para as oportunidades comerciais do que na maioria dos sistemas europeus de ensino superior [...]” (MOWERY; ROSENBERG, 2005, p. 35), embora, segundo Stokes (2005), o sistema universitário alemão tivesse tido grande influência nos EUA, pois “No final do século XIX e início do XX, milhares de norte-americanos afluíram às universidades alemãs.” (STOKES, 2005, p. 69). Estes estudantes trouxeram conhecimentos e também uma visão da relação entre a ciência pura e a aplicada, mas a institucionalização desta relação nos EUA tomou outro caminho, aproximando as empresas e as universidades.

Apesar desta estreita relação entre universidades e empresas, antes da Segunda Guerra Mundial, a pesquisa básica estadunidense era de qualidade secundária, e mesmo assim a inovação era intensa, resultando do aproveitamento comercial de invenções alheias, em geral europeias, como foi o caso do motor a combustão, do avião, dos produtos químicos orgânicos e dos polímeros (MOWERY; ROSENBERG, 2005). Este quadro se modificaria radicalmente durante a “*Segunda Guerra Mundial* [que] alterou o *status* da ciência norte-americana, de seguidora a líder incontestável.” (MOWERY; ROSENBERG, 2005, p. 195, grifos nossos). A esta transformação nos dedicaremos em seguida.

Ante a iminência da guerra na Europa, Vannevar Bush, então presidente da *Carnegie Institution*, de Washington, e antes vice-presidente do *Massachusetts Institute of Technology*, se reuniu com mais quatro importantes membros da Comunidade Científica dos EUA para definir os rumos da ciência no país, convencidos de que “[...] a guerra que se aproximava seria, em parte, um conflito científico e tecnológico, no qual os

Estados Unidos enfrentariam um adversário [a Alemanha] com credenciais formidáveis em ambas essas áreas [...]” (STOKES, 2005, p. 80). Portanto, sem perda de tempo, era necessário mobilizar o potencial científico do país para os objetivos de defesa.

Em 1940, Vannevar Bush propôs, e o Presidente Roosevelt aprovou, a criação do *National Defense Research Committee* (NDRC). Um ano mais tarde, o NDRC passou a fazer parte do *Office of Scientific Research and Development* (OSRD), que “[...] alcançou sucesso notável em *orientar toda a capacidade da ciência e da engenharia industrial dos Estados Unidos para fins militares.*” (STOKES, 2005, p. 81, grifos nossos). Neste esforço, ao “[...] firmar acordos diretamente com as universidades e a indústria, em vez de fazê-lo com cientistas individuais [...]” (STOKES, 2005, p. 81), o OSRD criou uma nova forma de institucionalização da ciência e da tecnologia. As universidades eram beneficiadas com abundantes recursos e os cientistas não eram tolhidos em seus interesses de pesquisa. Paralelamente, as empresas, além dos contratos para desenvolver os armamentos, tinham direitos sobre as patentes originadas do processo. Este paradigma científico-tecnológico contava com recursos que “[...] mesmo sendo uma parte minúscula do custo total da guerra, eram, pelo padrão anterior de gastos federais com ciências, *imensos.*” (STOKES, 2005, p. 81, grifo nosso).

Com a proximidade do fim da guerra, tornava-se necessário justificar a necessidade do avanço científico contínuo para a geração de tecnologias que, além dos objetivos militares, também beneficiassem a população em tempos de paz. Com esta finalidade, o próprio Vannevar Bush elaborou o relatório *Science, the Endless Frontier*⁹, que lançou as bases do que viria a ser a política científico-tecnológica dos EUA no pós-guerra. No trecho a seguir, Donald Stokes expõe o essencial da relação Ciência-Estado-Guerra:

A explosão da bomba atômica criou uma notável aceitação, na consciência nacional, de um relatório que mapeava o futuro papel da ciência na vida do país. Em vista disso, os cânones de Bush causaram uma profunda impressão e forneceram o paradigma dominante para a compreensão da ciência e de sua relação com a tecnologia durante

⁹ Este relatório, cujo sub-título é *A Report to the President on a Program for Postwar Scientific Research*, foi elaborado por Vannevar Bush, presidente do *Office of Scientific Research and Development*, atendendo o pedido feito pelo Presidente Roosevelt em 1944, portanto, antes do final da Guerra.

todo o resto do século XX. Tais ideias podem ser encontradas nas comunidades científicas, nos meios de comunicação e entre o público bem informado. E a liderança norte-americana na ciência do pós-guerra propiciou-lhe uma ampla circulação na comunidade internacional. (STOKES, 2005, p. 20).

Tendo no relatório de Bush a base conceitual da relação ciência-tecnologia e explorando com habilidade o perigo soviético, o Estado, as empresas e as universidades norte-americanas conseguiram apoio para a estratégia de gerar “[...] descobertas científicas para sistemas de armamentos radicalmente novos.” (NSF, 2000 apud MEDEIROS, 2004, p. 233), o que acabou por demandar também um sistema de inovação científica e tecnológica que mantivesse o Estado e os capitais norte-americanos na vanguarda das inovações civis e militares durante todo o século XX. Entre as várias instituições criadas para garantir esta posição de liderança, merece destaque a *Defense Advanced Research Projects Agency* (DARPA), criada no início dos anos 1960 pelo Presidente Eisenhower, “[...] depois do choque do Sputnik [...]” (GARREAU, 2005, p. 25) e que se distingue por financiar projetos de tecnologias que venham a se concretizar dentro de 20 a 40 anos¹⁰. Segundo Garreau (2005, p. 23), entre as tecnologias financiadas e apoiadas pela DARPA contam-se: a internet, o e-mail, o mouse, a indústria de computação gráfica, circuitos integrados de escala muito grande, computadores que reconhecem a voz humana e fazem traduções, a estação de trabalho do computador e o sistema operacional *Unix Berkeley*. Esta Agência, que não pesquisa diretamente, se limita a apoiar financeiramente as propostas que estão dentro de sua linha de atuação até que possam caminhar sobre seus próprios pés¹¹. As pesquisas são levadas a cabo por empresas privadas e por universidades.

Entres os vários projetos patrocinados pela DARPA, merecem destaque aqueles destinados ao melhoramento do ser humano, quer dizer, a liberá-lo das limitações naturais, através da intervenção direta no

¹⁰ Segundo Garreau (2005, p. 24) o planejamento estratégico da DARPA diz que sua missão é acelerar o futuro, identificando descobertas cujo uso prático tem um horizonte temporal muito distante e colocá-las em prática o mais rápido possível.

¹¹ “Uma das coisas que a DARPA faz historicamente é entrar em uma área, dar-lhe o tipo de credibilidade em experiência que ela precisa para se tornar aceita, e depois, partir pra outra.” (GARREAU, 2005, p. 31).

corpo, modificando seu metabolismo, aumentando sua capacidade de processamento de informação, inserindo nano dispositivos eletrônicos no cérebro, o que permitiria processar uma quantidade muito maior de informação e de interagir com membros mecânicos, ligados ou não ao corpo de um indivíduo. Embora os resultados destas pesquisas avançadas possam vir a ser economicamente viáveis, elas são inicialmente pensadas e geradas sem qualquer preocupação ou restrição do tipo custo-benefício financeiro. Ao fim e ao cabo é a letra D (de defesa) que orienta as decisões desta Agência, que tem, como se vê, a preocupação precípua de garantir aos EUA a liderança na geração de armamentos. O melhoramento do ser humano é um eufemismo para o desenvolvimento do “soldado metabolicamente dominante” (Garreau), quer dizer, capaz, entre outros feitos, de correr 15 minutos sem respirar, de estancar uma hemorragia com a força da mente, operar uma semana sem dormir e se alimentar ou movimentar uma arma/equipamento através do pensamento, como faz Belle, o “[...] primeiro macaco *telekinético* que a DARPA financiou [...]” e que envolve pelo menos duas universidades, a *Duke University*¹² e o *Massachusetts Institute of Technology* (GARREAU, 2005, p. 19-20).

A DARPA ilustra perfeitamente o sistema de inovação que amalgamou os interesses da indústria, dos militares e da academia, formando uma rede, que do Departamento de Estado norte-americano se estendeu pelas universidades e chegou aos empresários e trabalhadores envolvidos. Este sistema de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) tinha, portanto, ampla base social e política de apoio, o que não impediu que fosse percebido como uma ameaça à democracia americana pelo próprio Presidente Eisenhower, que em discurso de despedida, em 1961, pediu que a sociedade norte-americana tomasse cuidado com o que ele chamou de complexo industrial-militar, mas que desde o começo foi, como vimos na criação, em 1940, do *National Defense Research Committee*, e como nota acertadamente Medeiros (2004), um complexo industrial-militar-acadêmico.

No artigo sugestivamente intitulado “O desenvolvimento tecnológico americano no pós-guerra como um empreendimento militar”,

¹² Um dos principais cientistas envolvidos neste projeto é o brasileiro Miguel Nicolelis, da Duke University, e cujo artigo “Controlling robots with the mind”, escrito em co-autoria com John K. Chapin, é citado por Garreau (2005).

Medeiros (2004) plausivelmente argumenta que os limites para a criação de armamentos radicalmente novos não eram financeiros e sim, por um lado, a disponibilidade de conhecimento e, por outro, a inexistência de uma organização capaz de coordenar e fazer operar com eficiência as empresas, universidades e indivíduos mobilizados para gerar conhecimentos e os artefatos em porções e com graus de dificuldades inéditos¹³.

No processo de superação destes dois limites e não constrangido por restrições orçamentárias, o complexo militar-industrial-acadêmico criou um paradigma de avanço científico e tecnológico caracterizado pelo distanciamento de soluções simples e mais baratas, como em geral ocorre nas empresas submetidas ao critério de custo-benefício financeiro¹⁴. Este paradigma científico-tecnológico ficou conhecido como *big science*¹⁵, e, segundo Mowery e Rosenberg (2005), teria sido iniciado pelo Projeto Manhattan, posto em prática para criar a bomba atômica¹⁶.

No trecho a seguir, Medeiros (2004) sintetiza a relação entre o complexo militar-industrial-acadêmico e a atual conjuntura científico-tecnológica da economia-mundo:

[...] o “complexo militar-industrial-acadêmico” criou as inovações básicas *em todas as indústrias baseadas em ciência* (aeroespacial, computadores, equipamentos de telecomunicações) e manteve a liderança em muitas indústrias baseadas em fornecedores especializados (tais como máquinas de controle numérico e outros bens de capital), indústrias que, ao lado da farmacêutica, dos serviços de empresas e dos bancos, formam os principais setores de alta tecnologia. (MEDEIROS, 2004, p. 240, grifos nossos).

¹³ O Projeto ATLAS, iniciado em 1954 para a criação de mísseis interbalísticos, envolveu “[...] 17 empresas diretamente contratadas, 200 sub-contratadas e uma força de trabalho de 70.000 pessoas.” (HUGHES, 1998 apud MEDEIROS, 2004, p. 236). Na década de 1960, o projeto APOLLO, destinado a produzir naves espaciais e assim superar a primazia soviética demonstrada com o lançamento do Sputnik (1957), chegou a envolver 400.000 pessoas. Estes números dão uma idéia da dificuldade e da relevância da eficiência organizativa.

¹⁴ O desenvolvimento das Máquinas de Controle Numérico que estudamos em nossa tese de doutorado é um bom exemplo da preferência por soluções intensivas em conhecimento científico de fronteira e em equipamentos sofisticados e mesmo ainda não existentes. Para detalhes consultar Vieira (1995).

¹⁵ Medeiros (2004) informa que esta expressão foi usada pela primeira vez para fazer referência às conexões entre a física e a engenharia, cujas fronteiras usuais tendiam a desaparecer no paradigma científico-tecnológico em construção.

¹⁶ Segundo os mesmos autores, nos anos de pico (1944-45), o orçamento do Projeto Manhattan foi maior que o do Departamento de Defesa.

Na lista de Medeiros, falta incluir a nanotecnologia, a engenharia genética e a biotecnologia, que se desenvolveram nas últimas três décadas, mas ainda dentro do paradigma da *big science*, quer dizer, da aproximação entre conhecimento científico de ponta e engenharia, seja esta de alimentos, genética, de materiais ou de equipamentos. Ao interagirem com as tecnologias da informação, aquelas três tecnologias, estão criando “[...] uma curva de mudança diferente de tudo o que os humanos viram até hoje.” (GARREAU, 2005, p. 5).

Em suma, através da competição interestatal e da concorrência inter-capitalista no mercado mundial, a trajetória científico-tecnológica estadunidense da *big science* foi se impondo, sem que a maioria das outras nações – mesmo do centro da economia-mundo – dispusessem das condições para aproximar-se dos EUA. Alemanha e Japão, por exemplo, derrotadas na Segunda Grande Guerra, estavam impedidas de emular o complexo militar-industrial-acadêmico, o que de certa forma permitiu a estes países criar um paradigma tecnológico mais barato, porém, não menos eficiente do ponto de vista econômico¹⁷.

Em todo caso, na conjuntura científico-tecnológica do pós-guerra parece ter se consolidado definitivamente a ligação da inovação tecnológica com o avanço científico, de modo que, mesmo atenuada ou modificada por alternativas mais atentas às restrições econômicas, esta consolidação tende a fazer com que a *big science* continue a ser o padrão do desenvolvimento científico-tecnológico na economia-mundo, até porque este padrão favorece as vantagens acumuladas pelos Estados e capitais do centro ao longo do desenvolvimento da economia-mundo, mantendo, assim, à distância a semi-periferia e a periferia.

Na próxima seção vamos situar o Brasil nesta conjuntura e avaliar suas possibilidades de diminuição do histórico e enorme atraso científico-tecnológico em relação ao centro do sistema-mundial.

¹⁷ As máquinas-ferramentas de controle numérico desenvolvidas no Japão “[...] enfatizaram simplicidade e baixo custo, adequados ao uso comercial. Como resultado, em 1978, a indústria americana transformou-se num importador líquido das máquinas de controle numérico.” (MEDEIROS, 2004, p. 242).

5 O BRASIL FRENTE À CONJUNTURA CIENTÍFICO-TÉCNICA DA *BIG SCIENCE*

Antes de entrar ao tema desta seção, é preciso lembrar que, de acordo com o que expusemos mais acima, essas conjunturas são atualizações da estrutura multissecular de inovação que caracteriza a economia-mundo capitalista desde seus primórdios no século XVI. Mas esta estrutura não se desenvolveu igualmente em toda a extensão da economia-mundo. De fato, não estaríamos cometendo nenhum desatino histórico afirmando que um dos traços mais notáveis das atividades econômicas desenvolvidas no território brasileiro desde o século XVI foi a ausência de inovação, ou talvez fosse melhor dizer, a resistência a elas¹⁸, isso em todos os âmbitos da vida social. Vejamos algumas evidências: no caso da agromanufatura do açúcar, depois da introdução da moenda de dois cilindros no início do século XVII, inovações importantes só ocorreram no final do século XIX. No que diz respeito a outras culturas, Caio Prado Jr. (2006) destaca o atraso técnico no cultivo do algodão na virada do século XVIII para o XIX e na extração do látex no século XX.

Outra evidência gritante da ausência do ímpeto inovador na sociedade brasileira, é o fato de nas primeiras décadas do século XIX, quando a indústria passou a ocupar o lugar de motor das mudanças sociais e a industrialização passou a ser sinônimo de progresso, no Brasil, mesmo após a sua independência (1822), o desenvolvimento industrial continuou inexpressivo, permanecendo assim até o final do século¹⁹. No centro do sistema-mundo, por outro lado, aprofundava-se o que Whitehead (1925) chamou de maior invenção do século XIX: o método de inovar²⁰.

Deve-se observar que o atraso tecnológico do Brasil é típico da condição de periferia, o que não impediu certa “modernização”, como a implantação das ferrovias, possibilitadas, sobretudo, pela expansão das exportações de café no período 1880-1930. A passagem do transporte do

¹⁸ Em Vieira (2012) argumentamos que esta resistência à mudança é outra forma de interpretar o esforço da sociedade portuguesa do Antigo Regime para tentar não ser vítima da fúria transformadora do capitalismo, fúria que Marx e Engels (1996) sintetizaram na frase “tudo que é sólido se transforma no ar”.

¹⁹ Até então, como destaca Luz (1985, p. 28), houve “[...] apenas tentativas para participar das vantagens econômicas e sociais que o avanço tecnológico proporcionava ao mundo ocidental, tentativas que condições tanto de ordem interna como externa levaram, entretanto, ao malogro.”

²⁰ “[...] A maior invenção do século XIX foi a invenção do método da invenção [...]” (WHITEHEAD, 1925, p. 98, apud MOWERY; ROSENBERG, 2005, p. 11).

café em lombo de burro para o trem – o meio de transporte mais moderno da época –, se por um lado representa uma atualização histórica, por outro, impediu ou limitou a geração de soluções originais e também o desenvolvimento de capacidades humanas e materiais próprias, por elas exigidas. Portanto, a “modernização” não altera as estruturas arcaicas, que continuam a se reproduzir, mas encobertas por um verniz moderno.

Aqui convém explicitar nossa tese, qual seja: desde o período colonial até as primeiras décadas do século XX, a produção agrícola e mineral no Brasil se desenvolvera primordialmente com uso intensivo de recursos naturais e humanos. A produção intensiva promoveu a acumulação de capital com todas as suas consequências e, simultaneamente, conformou um sistema produtivo no qual empresários, trabalhadores (e as relações entre ambos), técnicas e produtos ficaram relativamente imunes à busca de inovação e ao aumento da produtividade como resposta à intensificação da concorrência. Mas isso ainda não é tudo. Se aceitarmos que são as exigências da economia que acabam por moldar outras instituições sociais e políticas, concluiremos que o Estado, o sistema escolar, as associações de classe e os sindicatos foram criados para responder às exigências do sistema produtivo e viabilizar sua reprodução, e, por isso, todas estas instituições compartilham com aquele sistema o despreparo para a promoção da inovação, para não dizer, a resistência à ela. Portanto, temos uma complexa teia de relações entre instituições que acabam por conformar um todo institucional não indutor das inovações.

Para sermos mais específicos, a economia primário-exportadora intensiva em recursos naturais e humanos gerou: (1) um tipo de empresário capitalista avesso à inovação que podia aumentar lucros porque contava com o apoio do Estado (isenções fiscais, empréstimos, política econômica, repressão aos trabalhadores, etc.) e com baixos custos salariais devidos principalmente à grande oferta de mão-de-obra; (2) um Estado que, para contar com os recursos fiscais gerados pela exportação, apoiava as demandas dos exportadores, as quais se reduziam à oferta de mão-de-obra, infraestrutura para exportação e mercados (externos). Este Estado não tinha qualquer interesse em desenvolver capacidades tecnológicas que implicassem possíveis conflitos com os países importadores dos produtos primários, como poderia ocorrer se exigisse deles transferência

de tecnologia, ou que implicassem mudanças nas condições de vida do povo, como escola, serviços de saúde, etc. Note-se que um Estado deste tipo não considera ascender no sistema interestatal, e por este lado, que dizer, pelo lado do confito inter-estatal, também não haverá estímulo ao desenvolvimento tecnológico. A esse respeito, convém recordar que para os Estados a possibilidade sempre iminente da guerra foi – e continua sendo – um poderoso estímulo ao desenvolvimento tecnológico. Neste sentido, os EUA talvez sejam o ponto culminante na história de como a busca pelo poder no sistema interestatal leva o Estado a promover a ciência e a tecnologia. Já no Estado brasileiro, desde 1822, não se vê nada parecido; (3) uma classe trabalhadora empobrecida intelectual e mesmo fisicamente, e por isso também incapaz de tomar iniciativas econômicas e políticas capazes de tensionar o *status quo* tanto no sentido da escolarização quanto no que se refere à sua participação no mercado. A esse respeito, conforme observou Furtado (2005), grande parte da população se reproduzia na subsistência ou nas periferias da cidade em atividades de baixa produtividade, sem os estímulos e oportunidades para se tornar economicamente ativa e produtiva, de modo a oferecer bens e serviços diversificados que, por sua vez, poderiam se constituir no substrato para, ou no celeiro de, empreendimentos maiores, desenvolvedores de tecnologia.

Convém destacar a relevância do mercado, que não deve ser visto como uma instituição meramente econômica de troca, e sim de desenvolvimento de uma população que busca seus interesses econômicos e que gera capacidades e habilidades que a habilita a atuar e intervir nas arenas política e social, por exemplo, na demanda por serviços do Estado, como educação, saúde e infraestrutura, contribuindo assim para definir um tipo de Estado menos dominado pelas elites. No Brasil, como se sabe, isto não aconteceu. A escravidão, o Estatismo lusitano e a produção para exportação limitaram severamente a expansão do mercado, do individualismo a ele associado e de todas as consequências a que fizemos referência. O Estado continuou dirigido por e para as elites. Autoritário por natureza, excluiu – com exceção daquela parcela que se constituía no verniz modernizante antes mencionado – a maior parte da população de oportunidades econômicas, políticas e educacionais.

Em suma, até o início do século XX, as instituições econômicas, políticas e educacionais que vieram se formando nos quatro séculos anteriores eram estruturalmente anti-inovação. Recordemos que, neste momento, no centro da economia-mundo a inovação entrava em uma nova fase ao ser dinamizada pela ciência e pela interação universidade-empresa.

Como sabemos, a chamada Revolução de 1930 empreendeu um conjunto de medidas que visavam mudar aquelas estruturas, a começar pela superação do modelo primário exportador, para o que foram implementadas políticas que visaram promover o desenvolvimento industrial brasileiro. Ante a inexistência de uma economia de mercado vigorosa e de um desenvolvimento capitalista expressivo, esta superação foi realizada a *partir de cima*, digamos paternalisticamente, através da criação de empresas e instituições estatais que promoveram a indústria, o comércio e a economia, mas sem a capilaridade necessária e abrangente para transformar as práticas e a mentalidade do grosso da população, que continuou mais ou menos avessa ou distante das práticas, valores e ideias do mercado e do capitalismo.

Sem essa transformação, aquelas iniciativas modernizadoras e transformadoras promovidas pelo Estado a partir de 1930 não puderam alterar a essência das relações sociais historicamente instauradas no Brasil e, assim, criaram-se novas instituições muito semelhantes às antigas. Além da oposição das elites nacionais agroexportadoras que viam suas posições ameaçadas, o Estado, que tentava se legitimar e mudar estruturas muito atrasadas em relação ao centro do sistema-mundo, enfrentava a seguinte contradição: mudar as estruturas implicava romper a posição de vendedor de produtos primários e comprador de manufaturados, o que, por sua vez, não podia ser feito sem a aquiescência dos Estados e capitalistas produtores destas manufaturas e das tecnologias correspondentes.

A década de 1930 é de consolidação da hegemonia norte-americana sobre o sistema-mundo e, por isso, era com os EUA que o Estado brasileiro precisava se entender. Apesar de ter tentado aproveitar os conflitos entre os estados centrais para dispor de certo poder de barganha na hora de obter apoio para o projeto de alterar sua posição no sistema interestatal, Getúlio Vargas não teve muito sucesso. Ao fim e ao cabo, a

industrialização no Brasil acabou ocorrendo através da transplantação das empresas transnacionais, principalmente norte-americanas, sobretudo a partir da década de 1950. Para voltar à metáfora antes empregada, uma nova onda de modernização ocorre, amplia-se a camada de verniz, mas as estruturas mais profundas permanecem. Tanto por virem prontas, quanto por serem produto de condições econômicas, científico-tecnológicas e sociais completamente diferentes, as técnicas produtivas e mesmo os produtos importados não correspondiam à dotação de conhecimentos, de recursos naturais e de mão-de-obra (abundante e pouco qualificada) existentes no Brasil. Além disso, a facilidade na obtenção das técnicas não mobilizava os empresários, o Estado e a classe trabalhadora para a geração de soluções originais que demandariam conhecimentos novos sobre o meio natural e técnicas adaptadas à realidade brasileira.

É importante observar que desde o período colonial se desenvolveu no Brasil um empresariado com habilidade para atender demandas externas através do aproveitamento intensivo dos recursos naturais e mão-de-obra, sendo o empresariado cafeicultor o exemplo mais avançado desta capacidade empresarial. No período da industrialização substitutiva de importações, característica do período pós 1930, essa capacidade foi suficiente para ocupar nódulos de menor rentabilidade nas cadeias mercantis comandadas pelas empresas multinacionais que monopolizavam os nódulos mais rentáveis e intensivos em conhecimento, como por exemplo, a produção dos bens de capital e a P&D.

A inserção do Brasil em nódulos de menor rentabilidade e dinamismo tecnológico não demandava esforços sérios de P&D, o que por sua vez não levou os empresários a demandarem do Estado investimentos de monta e de longo prazo na universalização da educação básica, na criação de escolas técnicas e faculdades de engenharia na quantidade requerida para a transformação das estruturas herdadas da economia agroexportadora.

Resumindo, os interesses das empresas transnacionais e dos respectivos estados – manter as posições de liderança nas respectivas cadeias mercantis –, dos empresários nacionais – aproveitar as oportunidades que se apresentavam –, do Estado brasileiro (principalmente depois de 1954) – sem disposição para escalar posições na hierarquia do sistema interestatal – se somaram para obstaculizar uma industrialização (aqui sinônimo

de desenvolvimento econômico), capaz de induzir – e ser produto de – um ambiente institucional promotor de conhecimento, P&D e ciência, tecnologia e inovação (CT&I), que requer um longo período de tempo e mudanças profundas na infraestrutura econômica, política, educacional, jurídica e social. Como o horizonte temporal dos governos é outro – seu mandato – eles tendem, mesmo contrariados, a adotar soluções mais fáceis e rápidas, as quais, ao mesmo tempo que “modernizam”, reforçam – ou pelo menos preservam – as estruturas que se pretendia mudar.

Sem embargo, mesmo sem criar as condições necessárias para se mover mais rapidamente na direção da conjuntura científico-tecnológica da *big science*, o esforço industrializante do período 1930-1980 foi suficiente para tirar o Brasil da posição de periferia, colocando-o como semi-periferia da economia-mundo.²¹ Como vimos, esse feito resultou da transplantação de estruturas produtivas e tecnológicas já difundidas nos países do centro da economia-mundo, sem criar internamente uma relação orgânica entre acumulação de capital, P&D, CT&I. (FURTADO, 2008). Assim, quando as transferências tecnológicas foram interrompidas no início dos anos 1980, a matriz industrial do Brasil tornou-se obsoleta e o processo técnico sofreu uma interrupção que já dura praticamente quatro décadas (FURTADO, 1992).

Como vimos antes, é justamente no período posterior a 1970 que a inovação tecnológica passa a depender ainda mais da ciência e que se dá a interação entre as indústrias de telecomunicações, computadores e periféricos, nanotecnologia, engenharia genética e biotecnologia. As duas tendências se combinam para dificultar a diminuição do *gap* científico-tecnológico estruturalmente existente entre o centro e a semi-periferia/periferia da economia-mundo, pois os recursos financeiros, humanos e técnicos exigidos para gerar inovações estão muito além das capacidades acumuladas por Estados e capitais periféricos e semi-periféricos.

Nos anos recentes, à luz das experiências internacionais, o governo tem buscado promover uma série de ações e programas que visam superar o atraso científico e tecnológico do país, nas quais se destacam a Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE), lançada

²¹ A esse respeito ver o texto de Marcelo Arend neste volume.

em 2003, a Lei de Inovação, aprovada em 2004, e mais recentemente o Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação 2007-2010 (PACTI).

Apesar destas ações e do comprometimento do governo em intensificar os investimentos em ciência e tecnologia (C&T), o aumento dos gastos em P&D em relação ao PIB entre 2002 e 2010 foi muito modesto, passado de 0,98% para 1,16%, resultado muito aquém dos 2% pretendidos²² e que colocariam o Brasil em um nível de investimento próximo da média da OECD de 2,3%. Convém observar que, em 2007, quando os gastos em P&D eram de 1,10% do PIB, o governo revisou a meta estabelecida em 2003 de 2% para 1,5% até 2010. Porém, como se vê, ainda assim a meta ficou longe de ser alcançada.

Tabela 1 – Dispendios nacionais em P&D em termos absoluto e relativo em países selecionados em 2002, 2007 e 2010.

Países	Dispendio em P&D em bilhões de US\$			Dispendio em P&D como % do PIB		
	2002	2007	2010	2002	2007	2010
Alemanha	56,7	74,1	86,2	2,50	2,53	2,82
Brasil	13,0	20,3	26,0	0,98	1,10	1,16
Canadá	19,1	24,7	24,0	2,04	1,96	1,80
China	39,6	102,4	-	1,07	1,40	-
Cingapura	3,0	5,8	-	2,10	2,37	-
Coréia	22,5	40,7	53,2	2,40	3,21	3,74
Espanha	9,8	18,3	20,4	0,99	1,27	1,37
Estados Unidos	277,1	377,6	-	2,62	2,70	-
França	38,2	44,0	50,0	2,24	2,08	2,26
Itália	17,3	22,3	24,3	1,12	1,17	1,26
Japão	108,2	147,6	-	3,17	3,44	-
Portugal	1,5	3,0	4,3	0,73	1,17	1,59
Reino Unido	30,6	38,8	39,1	1,79	1,78	1,77
Rússia	14,6	26,6	32,8	1,25	1,12	1,16

Fonte: Elaborado a partir dos dados do Ministério da Ciência Tecnologia (MCT), 2012.

Os Gráficos 1 e 2 reforçam a idéia de que, apesar dos esforços empreendidos nos últimos anos, o Brasil apresenta baixa competitividade em termos de P&D.

²² Em mensagem ao Congresso, em 2003, o então Presidente Lula enfatizou a necessidade de ampliar os investimentos em P&D para um valor próximo de 2% do PIB. Nas suas palavras: “Os gastos em C&T serão tratados não como custos correntes, mas como investimento num futuro melhor para o país. A grande meta instrumental dessa política será aumentar progressivamente o percentual do PIB aplicado em P&D, saltando de 1% para algo próximo de 2% ao final do mandato do atual Governo [...]” (BRASIL, 2003, p. 209).

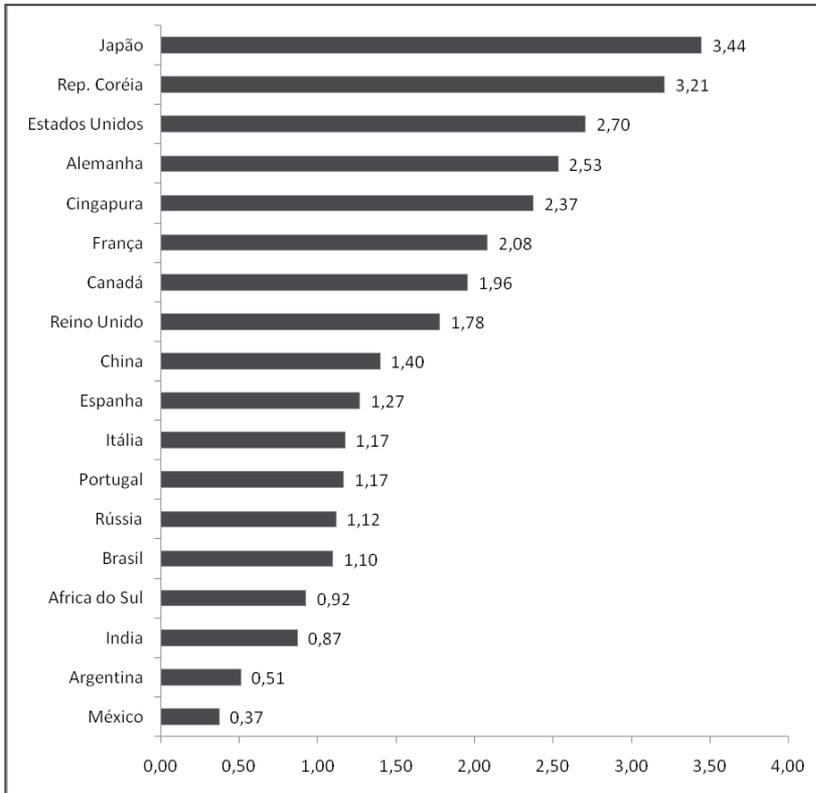


Gráfico 1 - Dispendios Nacionais em P&D % do PIB em países selecionados em 2007.

Fonte: Elaborado a partir dos dados do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) 2012 e do Relatório UNESCO sobre Ciência 2010.

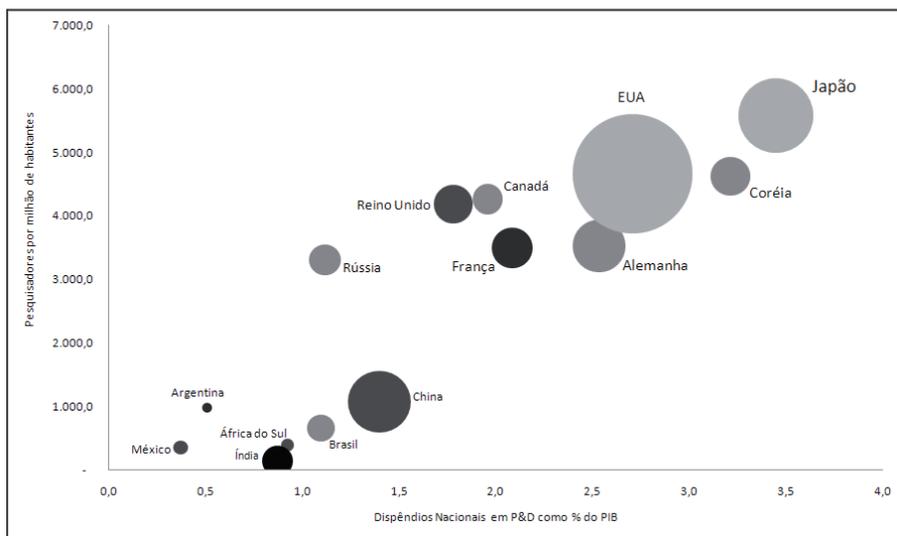


Gráfico 2 - Investimento global em P&D em termos absolutos e relativos em países selecionados em 2007.

Nota: O tamanho do círculo reflete o tamanho dos dispêndios nacionais em P&D.

Fonte: Elaborado a partir dos dados do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) 2012 e do Relatório UNESCO sobre Ciência 2010.

Outros três importantes indicadores que revelam a situação do Brasil em termos de P&D e as possibilidades do país no que se refere à CT&I são apresentados nas Tabelas 1 e 2 e nos Gráficos 3 e 4. São eles: o número de doutores formados, o número de artigos científicos publicados em periódicos indexados e o número de patentes obtidas junto ao Escritório de Patentes dos EUA (USPTO).

Nota-se no Gráfico 3 que, apesar de ter alcançado a marca de 10.711 doutores em 2008, o Brasil ainda apresenta carências, principalmente na área de engenharia²³, que naquele ano representava 11,4% do total de doutores titulados. Além disso, embora pareça elevado, a marca atingida em 2008 se traduz em apenas 5,6 doutores para cada 100 mil habitantes, praticamente o equivalente a um terço da relação encontrada na Coréia do Sul. No nível de graduação, o Brasil enfrenta um enorme desafio, uma

²³ Há áreas vitais com poucos pesquisadores-doutores no Brasil. A baixa densidade de pessoal qualificado torna-se ainda mais grave quando se observa a rala densidade de engenheiros e pesquisadores engenheiros que servem à indústria nacional (BRASIL, MCT, 2007, p. 73).

vez que apenas 5% dos egressos têm formação em engenharia, enquanto que este percentual chega 30% na China, a 27% na Coréia e nos países da OCDE a média é de 14% (OCDE, 2007; UNESCO, 2010). Destaca-se também que entre os países do BRIC, o Brasil é o país que menos forma engenheiros por ano, cerca de 30 mil, enquanto a Rússia forma 190 mil, a Índia 220 mil e a China 650 mil (NASCIMENTO et al., 2010).

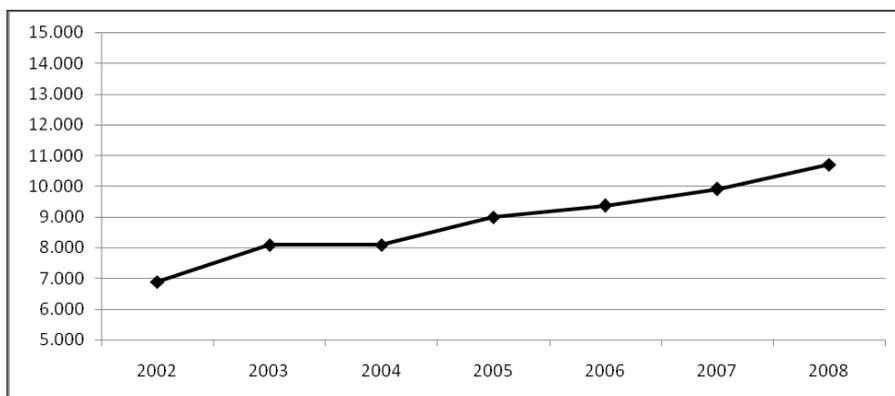


Gráfico 3 – Número de doutores no Brasil (2002-2008).

Fonte: Elaborado a partir dos dados do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) 2012 e do Relatório UNESCO sobre Ciência 2010.

No que se refere à produção de conhecimento, medido pelo número total de artigos científicos publicados em periódicos indexados, o desempenho do Brasil é muito modesto, 1,59% do total dos artigos publicados em 2007 (Gráfico 3). Nota-se que a capacidade de produção científica brasileira está abaixo dos demais países do BRIC: China (7,62%), a Índia (2,44%) e Rússia (1,87%).

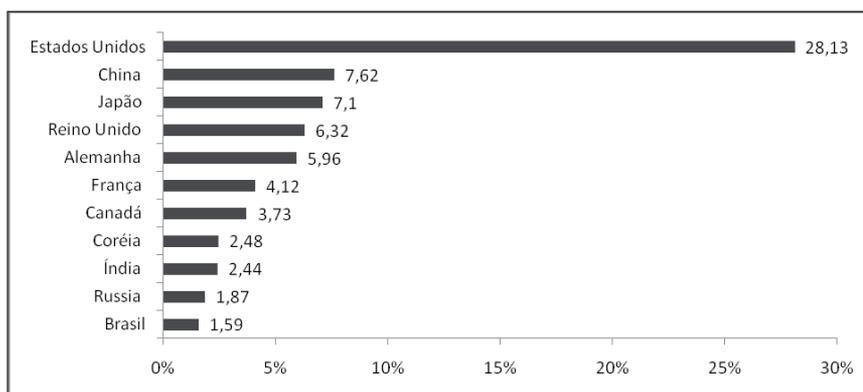


Gráfico 4 – Produção científica para países selecionados, percentual em 2007.

Fonte: Elaborado a partir dos dados do World Bank Data Catalog.

Outro bom indicador da capacidade de P&D e CT&I de um país é o número de depósitos e concessões de patentes de invenção registrados no USPTO, uma vez que as patentes registradas são consideradas de alta qualidade, revelando, assim, o acúmulo e capacidade do país na geração de conhecimento. Cumpre esclarecer que a maior parte dos pedidos depositados no USPTO é de empresas e não universidades.

A inferioridade da capacidade tecnológica e científica do Brasil fica evidente quando avaliamos a Tabelas 2 e 3 a seguir. Em 2011 o Brasil depositou no USPTO 586 pedidos de patentes, número muito abaixo dos registrados por Coréia do Sul (27.289), China (10.545) e Cingapura (1.564), por exemplo. Quanto às patentes concedidas, em 2011, o Brasil obteve 254 patentes de inovação, 2% do total homologado em favor da Coréia do Sul (13.239) e Alemanha (12.968), que ocupam, respectivamente, a terceira e a quarta posição em número de patentes concedidas.

Tabela 2 – Pedidos de patentes de invenção junto ao escritório norte-americano de patentes (USPTO), países selecionados (2000-2011).

Países	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Estados Unidos	164.795	177.511	184.245	188.941	189.536	207.867	221.784	241.347	231.588	224.912	241.977	247.750
Japão	52.891	61.238	58.739	60.350	64.812	71.994	76.839	78.794	82.396	81.982	84.017	85.184
Alemanha	16.978	17.715	19.900	20.418	18.890	19.824	22.369	23.608	25.202	25.163	27.702	27.935
Coréia do Sul	5.705	6.719	7.937	10.411	13.646	17.217	21.685	22.976	23.584	23.950	26.040	27.289

Países	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Canadá	6.809	7.221	7.375	7.750	8.202	8.638	9.652	10.421	10.307	10.309	11.685	11.975
Reino Unido	7.523	8.362	8.391	7.700	7.792	7.962	8.342	9.164	9.771	10.568	11.038	11.279
França	6.623	6.852	6.825	6.603	6.813	6.972	7.176	8.046	8.561	9.331	10.357	10.563
China	469	626	888	1.034	1.655	2.127	3.768	3.903	4.455	6.879	8.162	10.545
Itália	2.704	2.967	2.980	3.011	2.997	2.993	3.274	3.376	3.805	3.940	4.156	4.282
Austrália	1.800	1.995	2.160	2.310	3.000	2.919	2.928	3.412	3.976	3.699	3.739	3.767
Cingapura	632	786	807	771	879	919	1.143	1.188	1.266	1.225	1.540	1.564
Espanha	549	601	564	606	696	701	844	966	1.216	1.162	1.422	1.501
Rússia	382	433	377	341	334	366	412	444	547	522	606	719
Brasil	220	219	243	259	287	295	341	375	442	464	568	586

Fonte: Elaborado a partir dos dados do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), 2012.

Tabela 3 – Concessões de patentes de invenção junto ao escritório norte-americano de patentes (USPTO), países selecionados (2000-2011).

Países	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Estados Unidos	97.011	98.655	97.125	98.590	94.128	82.586	102.267	93.690	92.001	95.038	121.179	121.261
Japão	32.922	34.890	36.339	37.248	37.032	31.834	39.411	35.941	36.679	38.066	46.977	48.256
Coreia do Sul	3.472	3.763	4.009	4.132	4.671	4.591	6.509	7.264	8.730	9.566	12.508	13.239
Alemanha	10.824	11.894	11.957	12.140	11.367	9.575	10.889	10.012	10.085	10.352	13.633	12.968
Canadá	3.925	4.063	3.857	3.894	3.781	3.177	4.094	3.970	4.125	4.393	5.513	5.754
França	4.173	4.456	4.421	4.126	3.686	3.106	3.856	3.720	3.813	3.805	5.100	5.022
Reino Unido	4.085	4.351	4.190	4.028	3.895	3.553	4.323	4.029	3.834	4.009	5.038	4.924
China	161	265	390	424	596	565	970	1.235	1.874	2.270	3.303	3.786
Itália	1.967	1.978	1.962	2.022	1.946	1.591	1.899	1.836	1.916	1.837	2.254	2.333
Austrália	860	1.032	992	1.049	1.093	1.032	1.538	1.545	1.613	1.550	2.079	2.213
Cingapura	242	304	421	460	485	377	469	451	450	493	633	696
Espanha	318	340	358	358	312	318	381	363	418	403	492	565
Rússia	185	239	203	203	173	154	176	193	181	204	287	307
Brasil	113	125	112	180	161	98	148	118	133	148	219	254

Fonte: Elaborado a partir dos dados do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), 2012.

6 À GUIA DE CONCLUSÃO

Embora de maneira introdutória e exploratória, procuramos apresentar neste texto certas evidências factuais e lógicas para fundamentar a tese de que, ao contrário do que caracteriza o centro da economia-mundo, as regiões periféricas – como o Brasil até 1930 – se notabilizam pela baixa capacidade de inovação tecnológica, que é uma estrutura da economia-mundo, no sentido de que ocorre continuamente e vai condicionando a vida de muitas gerações. Quando no início do século XX esta estrutura se renovou ou se revitalizou no centro, através da contribuição da ciência para o desenvolvimento industrial, o Brasil vivia o auge da modernização promovida pela economia agroexportadora, intensiva em recursos naturais e humanos e pouco afeita a aumentar a produtividade através da inovação tecnológica. Procuramos mostrar que o empresariado, os trabalhadores, o Estado e o conjunto das instituições econômicas, sociais e educacionais desenvolvidos a partir deste tipo de economia não continham em seu DNA o gene da inovação, de modo que, no momento em que no centro a inovação industrial se sofisticava através do conhecimento científico, no Brasil a própria indústria ainda engatinhava, o que é em si mesmo uma evidência eloquente da incapacidade inovativa do sistema econômico agroexportador.

Deve-se notar que se o conjunto das instituições brasileiras se formou e se cristalizou sem incorporar a inovação, o mesmo não aconteceu na economia-mundo, principalmente nos EUA, onde a partir da Segunda Guerra Mundial se gestou um paradigma científico-tecnológico em que a inovação tecnológica passou a depender não de qualquer conhecimento científico, mas do conhecimento científico de fronteira. Este paradigma, que à falta de outro nome, denominamos Paradigma da *Big Science*, foi forjado sob grande influência das exigências militares e por isso se caracterizou por soluções científico-tecnológicas de ponta, sofisticadas e dispendiosas, que não estavam submetidas a restrições financeiras. Entrementes, o Brasil se esforçava para incorporar as técnicas da Terceira (eletricidade, engenharia pesada) e da Quarta (petróleo, automóvel, produção em massa) revoluções tecnológicas, mas sem que o empresariado quisesse e o Estado pudesse enfrentar a oposição dos Estados e capitalistas centrais ao desenvolvimento de capacidades científicas e tecnológicas locais que habilitariam a ascender na hierarquia do sistema interestatal para além do permitido pelo Estado hegemônico.

Mesmo sem desenvolver instituições científicas e tecnológicas importantes, o esforço industrializante do período 1930-1980 fez o Brasil passar de periferia a semi-periferia. Contudo, a partir de 1970 o desenvolvimento da informática e das telecomunicações, que interagem com a nanotecnologia, a biotecnológica e a engenharia genética, reforçando ainda mais a *conjuntura científico-tecnológica* da *big science*, quer dizer, de volumosos recursos financeiros e humanos e de estruturas tecnológicas de ponta.

Neste novo quadro, o Brasil continua apresentando carências estruturais sérias – empresas pouco inovativas, classe trabalhadora pouco qualificada, sistema universitário reduzido – cuja superação é tanto urgente quanto difícil de realizar, na medida em que exige transformações profundas na distribuição do poder e da riqueza entre classes e regiões. Portanto, nas próximas duas ou três décadas, o mais provável é que o Brasil se mantenha na posição de semi-periferia, já que não conseguirá realizar as mudanças estruturais imprescindíveis para uma aproximação científico-tecnológica com o centro da economia-mundo.

REFERÊNCIAS

- ARRIGHI, G. *O longo Século XX: dinheiro, poder e as origens de nosso tempo*. Rio de Janeiro: Contraponto; São Paulo: Ed. Unesp, 1996.
- ARRIGHI, G. *A ilusão do desenvolvimento*. Petrópolis: Vozes, 1998.
- BANCO MUNDIAL. Base de Dados Eletrônica. Disponível em: <<http://datacatalog.worldbank.org>>. Acesso em: 26 dez. 2012.
- BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT). *Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Nacional – Plano de Ação 2007-2012*. Brasília, DF, 2007.
- BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT). *Indicadores Nacionais de Ciência e Tecnologia: 2000-2011*. Brasília, DF, 2012.
- BRASIL. Presidência da República Federativa do Brasil. *Mensagem do Presidente ao Congresso*. Brasília, DF: Planalto, 2003. Disponível em: <<http://www.info.planalto.gov.br/download/discursos/pr176.doc>>. Acesso em: 23 dez. 2012.
- BRAUDEL, F. *Civilização material, economia e capitalismo, Séculos XV – XVII: tempo do mundo*. São Paulo: Martins Fontes, 1998. v. 3.
- FURTADO, C. *Brasil: a construção interrompida*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1992.
- FURTADO, C. *Formação econômica do Brasil*. 32. ed. São Paulo: Companhia Nacional, 2005.

- FURTADO, C. *Criatividade e dependência na civilização industrial*. São Paulo: Cia das Letras, 2008.
- GARREAU, J. *The radical evolution: the promise and peril of enhancing our minds, our bodies -- and what it means to be human*. New York: Doubleday, 2005.
- HOPKINS, T. K.; WALLERSTEIN, I. (Org.). *The age of transition: trajectory of the world-system, 1945-2025*. London: Zed Books, 1998.
- HUGHES, T. P. *Rescuing Prometheus*. New York: First Vintage Books, 1998.
- LUZ, Nícia V. As tentativas de industrialização no Brasil. In: HOLANDA, S. B.; CAMPOS, P. M. (Org.). *História geral da civilização brasileira*. 4. ed. São Paulo: Difel, 1985. t. 2, v. 4. O Brasil Monárquico. Declínio e Queda do Império.
- MARX, K; ENGELS, F. *Manifesto do Partido Comunista*. 6. ed. Petrópolis: Vozes, 1996.
- MEDEIROS, C. A. O desenvolvimento tecnológico americano no pós-guerra como um empreendimento militar. In: FIORI, J. L. (Org.). *O poder americano*. Petrópolis: Vozes, 2004. p. 225-252.
- MOWERY, C. D; ROSENBERG, N. *Trajetórias da inovação: a mudança tecnológica nos Estados Unidos da América no Século XX*. Campinas: Ed. da UNICAMP, 2005.
- NASCIMENTO, P. A. M. M. et al. Escassez de engenheiros: realmente um risco? *Revista Radar: Tecnologia, Produção e Comércio Exterior (IPEA)*, v. 6, p. 3-8, fev. 2010.
- OCDE. *Science, technology and industry scoreboard: innovation and performance in the global economy*. Paris, 2007.
- PEREZ, C. *Revoluciones tecnológicas y capital financiero: la dinámica de las grandes burbujas financieras y las épocas de bonanza*. México: Siglo XXI, 2004.
- PRADO JR, C. *História econômica do Brasil*. 37. ed. São Paulo: Brasiliense, 2006.
- SCHUMPETER, J. A. *Teoria do desenvolvimento econômico*. São Paulo: Abril Cultural, 1982.
- SCHUMPETER, J. A. *Capitalismo, socialismo e democracia*. Rio de Janeiro: Zahar, 1984.
- STOKES, D. E. *O Quadrante de Pasteur: a ciência básica e a inovação tecnológica*. Campinas: Ed. da Unicamp, 2005.
- TILLY, C. *Coerção, capital e estados europeus*. São Paulo: Ed. da USP, 1996.
- UNESCO. *Relatório UNESCO sobre ciência 2010: o atual status da ciência em torno do mundo*. Resumo Executivo. Brasília, DF, 2010.
- VIEIRA, P. A. *Control de la fuerza de trabajo y automatización de los medios de trabajo*. 1995. Tesis (Doctoral)- Facultad de Economía, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México, 1995.
- VIEIRA, P. A. A inserção do “Brasil” nos quadros da economia-mundo capitalista no período 1550-c.1800: uma tentativa de demonstração empírica através da cadeia mercantil do açúcar. *Economia e Sociedade*, Campinas, v. 19, n. 3(40), p. 499-527, 2010.
- VIEIRA, P. A. A Economia-Mundo, Portugal e o “Brasil” no longo século XVI (1450-1650). In: VIEIRA, P. A.; VIEIRA, R.; FILOMENO, F. A. *O Brasil e o capitalismo histórico: passado e presente na análise dos Sistemas-Mundo*. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2012. p. 207-264.

WALLERSTEIN, I. *El moderno sistema mundial: la agricultura capitalista y los origins de la economía-mundo europea en el siglo XVI*. 9. ed. México: Siglo Veintiuno, 1999.

WALLERSTEIN, I. *The Modern World-System IV: Centrist Liberalism Triumphant, 1789-1924*. Berkeley: University of California Press, 2011.

WHITEHEAD, A. N. *Science and the Modern World*. New York:MacMillan, 1925.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ABRAMOVITZ, M. Catching up, forging ahead and falling behind. *Journal of Economic History*, New York, v. 46, n. 2, p. 385-406, 1986.

COUTINHO, L. A Terceira Revolução Industrial e Tecnológica: as grandes tendências de mudança. *Economia e Sociedade*, Campinas, n. 1, p. 69-87, 1992.

KUPFER, D. Uma abordagem neo-schumpeteriana da competitividade industrial. *Ensaio FEE*, Porto Alegre, v. 17, n. 1, p. 355-372, 1996.

LAPLANE, M.; SARTI, F. Prometeu Acorrentado: o Brasil na indústria mundial no início do século XXI. *Política Econômica em Foco*, Campinas, n. 7, seção IX, p. 271-291, nov. 2005/abr. 2006.

MELLO, J. M. C. de. *O capitalismo tardio*. 8. ed. São Paulo: Brasiliense, 1990.

PEREZ, C. Cambio tecnológico y oportunidades de desarrollo como blanco móvil. *Revista de La CEPAL*, Santiago de Chile, n. 75, p. 115-136, dez. 2001.

SILVA, S. *Expansão cafeeira e origens da indústria no Brasil*. São Paulo: Alfa-Omega, 1986.

SUZIGAN, W. Industrialização e política econômica: uma interpretação em perspectiva histórica. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, Rio de Janeiro, v. 5, n. 2, p. 433-474, 1975.

SUZIGAN, W. A indústria brasileira após uma década de estagnação: questões para política industrial. *Economia e Sociedade*, Campinas, n. 1, p. 89-109, 1991.

SUZIGAN, W.; FURTADO, J. Instituições e políticas industriais e tecnológicas: reflexões a partir da experiência brasileira. *Revista de Estudos Econômicos*, São Paulo, v. 40, n. 1, p. 7-41, jan./mar. 2010.

TAVARES, M. C. *Acumulação de capital e industrialização no Brasil*. São Paulo: Unicamp, 1986.

WALLICH, H. C. Desenvolvimento “periférico”. In: PEREIRA, L. *Subdesenvolvimento e desenvolvimento*. Rio de Janeiro: Zahar, 1976. p. 37-52.