

Por uma história econômica da ciência e da tecnologia*

Tamás Szmrecsányi[§]

RESUMO

Nos últimos dois séculos tem se tornado cada vez mais difícil separar e diferenciar o progresso das ciências do desenvolvimento tecnológico. Isto se deve não apenas à base científica da tecnologia moderna, mas também ao fato de crescente número de descobertas científicas resultarem fundamentalmente do progresso técnico incorporado a equipamentos e instrumentos de pesquisa dotados de crescente potência e precisão. Conseqüentemente, a História da Ciência deixou de ser apenas uma história do pensamento científico, enquanto que a História da Tecnologia perdeu definitivamente o seu caráter autônomo e autocontido. Esta comunicação propõe o acoplamento de ambas à história do desenvolvimento econômico, que lhes serve de base e contexto.

Palavras-Chave: História da Ciência, História da Tecnologia, desenvolvimento econômico.

ABSTRACT

In the last two centuries it has become ever more difficult to separate and differentiate the progress of scientific disciplines from the development of technology. This is due not only to the scientific basis of modern technology, but also to the fact of an increasing number of scientific discoveries having resulted fundamentally from the technical progress embodied in research equipments and instruments endowed with growing power and precision. Consequently the History of Science ceased to be merely a history of scientific thought, while the History of Technology definitely lost its autonomous and self-contained character. This paper proposes the coupling of both to the history of the economic development, which provides their basis and context.

Key Words: History of Science, History of Technology, economic development.

JEL classification: N00/B00.

* Uma primeira versão deste trabalho foi apresentada no painel de discussão “Fronteiras da História: a História da Ciência e da Técnica e a Interdisciplinaridade”, organizado pelo Grupo de Estudos de História da Ciência e da Técnica (GEHCT/ANPUH), no *XX Simpósio Nacional de História* (Florianópolis, 27/08/1999). Os acréscimos e aperfeiçoamentos posteriores foram induzidos pelos pareceristas desta Revista, cujas leituras atentas aqui se agradece. As falhas e lacunas remanescentes são de minha inteira responsabilidade.

§ Professor Titular do Departamento de Política Científica e Tecnológica do Instituto de Geociências da UNICAMP.

Recebido em março de 2000. Aceito em maio de 2000.

Pelo menos desde a Segunda Revolução Industrial tem se tornado cada vez mais difícil estabelecer com precisão os limites e as diferenças entre a ciência e a tecnologia,¹ entre o progresso científico e o desenvolvimento tecnológico. As alterações de paradigmas nestes dois campos têm se dado de forma sincrônica, quando não até simultaneamente. Se de um lado isso faz com que não possa haver avanço científico sem a disponibilidade de meios técnicos para tanto, nem progresso técnico sem uma base científica adequada, do outro, essa mesma inter-relação tem trazido à baila, crescentemente, a dimensão econômica entre as variáveis determinantes da evolução de ambos.

Até recentemente as variáveis econômicas apenas eram levadas em conta no estudo da evolução da tecnologia, devido à sua interface com a produção de bens e serviços por meio do progresso técnico - ou seja, em vista de sua aplicação efetiva ao processo produtivo. Mas, no mundo em que vivemos, esse relacionamento teve que ser estendido à própria ciência, já que uma parte ponderável da pesquisa científica contemporânea vem sendo realizada em contato direto com as atividades econômicas que a financiam, e que se apropria dos seus frutos. Na verdade, tanto no caso da ciência como da tecnologia, é o desenvolvimento econômico que tem proporcionado, além dos meios materiais necessários para o progresso de ambas, muitos dos estímulos orientadores do seu direcionamento e das variações de sua intensidade.

Se tudo isso pode parecer aceitável para os dias de hoje,² o mesmo ainda não se aplica ao balizamento dos estudos históricos do desenvolvimento da ciência e da tecnologia, em cujo âmbito tem se admitido apenas, e com restrições, uma perspectiva de história social. Minha proposta é a de tentar ampliar esta abertura ao externalismo em nossa disciplina,³ introduzindo explicitamente nas suas análises as variáveis de natureza econômica. Em outras palavras, indo além da história social da ciência e da tecnologia, quero defender aqui a adoção e a utilização sistemáticas de uma história econômica da ciência e da tecnologia.

1 Embora reconhecendo a existência de numerosas disciplinas científicas e das mais variadas modalidades tecnológicas, cada uma com suas próprias características, estas duas palavras são aqui deliberadamente mantidas no singular, para indicar as ciências e a tecnologia em geral, entendidas ambas como conjuntos de conhecimentos (e práticas) diferenciados e autônomos.

2 Haja vista, por exemplo, o trabalho de Stephan (1996, p. 1199-1235).

3 Esta abordagem, à qual me filio pessoalmente, difere da História da Ciência e/ou da Tecnologia *stricto sensu* - ou seja, da perspectiva "internalista", que encara a produção e utilização de conhecimentos exclusivamente como atividades intelectuais autônomas e autocontidas. Esta última corresponde à orientação adotada por autores como Alexandre Koyré ou Thomas Kuhn, fundamentalmente vinculados às ciências físicas e naturais, e não oriundos do campo das ciências humanas e sociais, na qual se insere a História. A respeito das diferenças entre essas duas correntes veja-se os ensaios de Christie (1990, p. 5-22) de Porter (1990, p. 32-46).

Contrariamente às aparências, não se trata de uma proposta economicista, mas fundamentalmente de uma tentativa de enriquecer a história da ciência e da tecnologia com novos elementos, até agora pouco lembrados, e capazes de melhor iluminar não apenas o mútuo relacionamento de ambas, mas também o contexto em que elas se desenvolvem, e o próprio sentido da evolução de cada uma. Por trás desta tentativa encontra-se a crença de que a ciência e a tecnologia de qualquer época e lugar constituem mais do que manifestações específicas e isoladas das realizações de determinadas pessoas ou grupos, correspondendo antes a uma determinada divisão do trabalho social, e sendo, por isso mesmo, resultantes da formação e evolução, através do tempo, de certas estruturas econômicas e sociais. Uma formação e evolução que é preciso conhecer, para poder entender a natureza e o sentido de qualquer desenvolvimento científico e/ou tecnológico.

Esse desenvolvimento não pode - ou melhor, não deve - ser analisado em abstrato, mesmo que se reconheça e postule as especificidades da ciência e da tecnologia no âmbito da vida econômica e social. Ambas representam conjuntos de conhecimentos e de práticas essencialmente coletivas, os quais vão se formando e difundindo gradativamente, transformando-se em contato com um meio que não é apenas cognitivo, mas também, e acima de tudo, valorativo e normativo - ou seja, essencialmente institucional. Este meio ou contexto da ciência e da tecnologia, que se manifesta concretamente no plano econômico e social, constitui na verdade o *alfa* e o *omega* de todas as atividades científicas e tecnológicas, as quais, além de não se desenvolverem no vazio, nunca chegam a perdurar e prosperar sem uma boa dose de reconhecimento por parte de terceiros.

No âmbito específico dos conhecimentos científicos, esse contexto pode ser mais facilmente reconstituído a partir da concepção do historiador alemão Wolf Lepenies, o qual, num trabalho já antigo,⁴ propôs a substituição da história das ciências convencional, voltada para análise da evolução de disciplinas e/ou de instituições isoladas ao longo do tempo - numa perspectiva essencialmente internalista e, muitas vezes, meramente formal - pelo estudo das ciências em determinadas épocas, procurando analisar conjuntos de disciplinas e instituições científicas afins dentro de períodos bem definidos e, portanto, mais homogêneos quanto ao conteúdo e aos objetivos dos conhecimentos analisados. Essa visão mais integrada da realidade tem a vantagem de ser mais aberta ao entorno do que a convencional, por estar voltada para o estudo das inter-relações de disciplinas e instituições científicas, não apenas entre si, mas também com seu contexto econômico e

4 Lepenies (1977, p. 55-67).

social. Apresenta ainda, além disso, a vantagem de basear-se no pressuposto da descontinuidade do desenvolvimento científico (e tecnológico) - de uma descontinuidade marcada pela ocorrência de sucessivas revoluções, cuja gênese e natureza no mundo moderno foram sistematicamente estudadas por I. B. Cohen, um historiador da ciência que não se limitou apenas a examinar essas revoluções no plano do conhecimento.⁵

Dentro dessa perspectiva, a história econômica da ciência e da tecnologia possui uma função instrumental e um valor heurístico inegáveis, inclusive por sempre partir de determinados pressupostos teóricos. Nunca é demais lembrar a este respeito que não há história sem teorias, da mesma forma que inexitem teorias sem história. A teoria é o ponto de partida e o ponto de chegada de qualquer pesquisa conseqüente, a qual só se torna válida à medida que fizer avançar a teoria, mediante sua ratificação ou modificação.⁶

Não se trata, porém, de qualquer teoria; cumpre procurar e/ou selecionar aquela teoria que possa ser mais útil para nossos fins. Isto porque a teoria não é um fim em si mesmo, mas basicamente um instrumento de apropriação e de decodificação da realidade para fins de conhecimento. O conhecimento que aqui almejamos é o da evolução através do tempo (e do espaço) das relações entre a ciência e a tecnologia, de um lado, e entre estas e a vida econômica e social, do outro. Ele envolve a identificação e a caracterização, seja da permanência ou continuidade desses relacionamentos, seja das mudanças dos mesmos tanto na forma como no conteúdo. Ao estudar as relações dos vários ramos do conhecimento científico e tecnológico com os diversos ramos de atividades econômicas e sociais estamos, na verdade, analisando os vínculos existentes entre duas modalidades de produção e reprodução social - quais sejam, a produção e reprodução dos conhecimentos, novos e velhos, e a produção e reprodução de bens e serviços de todo tipo, sem esquecer a produção e reprodução dos próprios agentes produtivos.

No que se refere a este particular, minhas posições pessoais afinam-se com as do economista argentino Enrique Leff, o qual, num artigo publicado há tempos (Leff, 1976), apresentou uma interessante proposta de análise da articulação dialética que existe entre a ciência e a tecnologia, de um lado, e as estruturas econômicas e sociais, do outro. Uma proposta na qual se incluem não apenas as relações de mútua dependência entre tais esferas de atividades e de interesses, mas também as repercussões dos novos conhecimentos

5 Cf. Cohen (1985). Veja-se, por exemplo, o seu capítulo sobre a Primeira Revolução Industrial, *op. cit.* p. 262-269.

6 Este ponto de vista é compartilhado pelo ensaio de Laudan (1990, p. 47-59).

científicos e tecnológicos nas transformações da economia e da sociedade. Trata-se de uma perspectiva essencialmente dinâmica e histórica, estribada numa visão orgânica dos sistemas científicos e tecnológicos, na qual se diferenciam conceitualmente os quatro níveis de atividades que os integram, a saber: a pesquisa básica, a pesquisa aplicada, a pesquisa exploratória, e o desenvolvimento tecnológico. Uma perspectiva que não deixa de lado (ou de fora) as ciências humanas e sociais, geralmente omitidas pela história da ciência, mesmo por aquela que se diz social.⁷

Num sentido convergente, também considero muito significativa a contribuição de Bertrand Gille, um autor bastante conhecido pela sua volumosa e importante *Histoire des Techniques*, publicada em 1978 na famosa coleção enciclopédica de La Pléiade, o qual, num artigo bastante anterior,⁸ estabeleceu os conceitos e as inter-relações dos progressos científico, técnico e econômico. Tais inter-relações, segundo ele, podem ser analisadas num ponto do tempo, como fazem, por exemplo, os economistas neoclássicos, ou através do tempo, no contexto da história econômica.

A primeira destas análises, além de ser estática e atemporal, tende a ser essencialmente estrutural, podendo-se por meio dela examinar e sistematizar os vínculos existentes entre a estrutura dos conhecimentos científicos e tecnológicos, a estrutura das técnicas de produção, e as estruturas econômicas propriamente ditas. Mas é a segunda perspectiva que nos interessa mais de perto, por ser essencialmente dinâmica e dialética, na medida em que procura situar o progresso científico e/ou técnico em relação ao desenvolvimento econômico e social.

Nesta segunda modalidade de análise, cumpre identificar inicialmente as relações que existem entre o progresso científico e o desenvolvimento tecnológico - relações que, hoje em dia, podem parecer muito evidentes, mas que nem sempre chegaram a existir no passado, quando muitas novas técnicas e/ou muitos novos artefatos puderam ser descobertos e desenvolvidos, além de difundidos e adotados, sem qualquer embasamento na ciência, sem um prévio e/ou simultâneo avanço dos conhecimentos científicos subjacentes. Essa situação

7 Nunca é demais insistir na importância fundamental dessa conceituação e sistematização para a clarificação de nossas idéias sobre objetos de estudo inegavelmente complexos, mas também com frequência envolvidos em grandes imprecisões e/ou desnecessárias confusões. A mesma preocupação parece ter orientado, há mais tempo ainda, o pensamento do físico francês Pierre Auger (1962) no seu estudo *Current Trends in Scientific Research: the Dissemination of Scientific Knowledge and the Application of such Knowledge for Peaceful Ends*.

8 Gille (1973, p. 209-222).

de relativa independência entre o progresso técnico e o progresso científico parece ter vigorado, nas sociedades ocidentais, até o advento da Primeira Revolução Industrial - ou seja, até fins do século XVIII ou início do século XIX (conforme os países, regiões ou setores que estivermos analisando).

Por outro lado, e no mesmo nível de importância, convém sempre ter clareza acerca da natureza do progresso técnico de que se está falando - diferenciando os inventos e as descobertas científicas de um lado e a inovação tecnológica do outro. Cabe lembrar com Schumpeter⁹ que é apenas esta última que se vincula diretamente ao progresso econômico via mecanismos de indução e difusão do progresso técnico, progresso esse que se manifesta concretamente por meio do advento e de divulgação de novos produtos, de novos processos produtivos, e de novas relações econômicas e sociais.¹⁰

A partir de certo estágio de desenvolvimento econômico, esse progresso técnico tem o dom de acelerar o próprio progresso científico, com a qual passa a interagir diretamente no âmbito das diversas atividades de pesquisa. Por meio dessa interação acabam surgindo situações inteiramente novas e diversas das anteriores, como aquelas que deram origem à Segunda Revolução Industrial, no final do século XIX e no início do século XX. Foi nesta que se deu, pela primeira vez, o surgimento de novas tecnologias preponderantemente baseadas nas ciências, como o progresso técnico resultante havendo sido precedido, condicionado e acompanhado pelo progresso científico subjacente.

Trata-se de uma situação parecida com, mas ao mesmo tempo diversa da atual - isto é, da Terceira Revolução Industrial presentemente em curso em diversas partes do mundo. Nesta última também se nota uma forte interdependência da ciência e da tecnologia, embora de caráter inverso à anterior, com o progresso científico tendo voltado a ser condicionado pelo progresso técnico e, indiretamente, pelo progresso econômico. Isto é algo que pode ser claramente percebido nos recentes avanços da biotecnologia, da ciência dos materiais, da informática, e das novas fontes de energia (estas últimas ainda em fase de gestação).

Pelo menos desde a Segunda Guerra Mundial, se não antes, estamos vivendo a era da *Big Science*, cujo desenvolvimento só se tornou viável a partir da disponibilidade tanto da

9 Cf. Schumpeter (1939, p. 72-129).

10 Num de seus últimos trabalhos, Schumpeter estendeu a capacidade de inovar do empresário individual para a moderna empresa como um todo, e até ao Estado, por meio de alguns dos seus órgãos técnicos. Cf. Schumpeter (1949), reproduzido em Clemence (1991, p. 253-271) e Swdberg (1993, p. 172).

chamada tecnologia de ponta como de fartos recursos materiais e financeiros. Esta situação, característica dos países centrais do capitalismo, tem tornado muito mais difícil o acesso dos países periféricos à ciência e à tecnologia modernas, fazendo com que as raízes de seu atraso científico e tecnológico, em relação aos países mais avançados do centro, sejam exatamente as mesmas do que as de seu subdesenvolvimento socioeconômico (que também é um estágio essencialmente relativo). Por isso, hoje em dia, simplesmente deixou de ser possível aos primeiros acederem ao desenvolvimento pelas mesmas vias já percorridas pelos segundos, basicamente por falta de recursos (materiais e humanos) para tanto.

De acordo com Paul Bairoch,¹¹ o problema não reside tanto nas diferenças do ponto de partida ou das condições iniciais de uns e outros, mas fundamentalmente nas mudanças de natureza da tecnologia e de suas relações com a ciência. A crescente complexidade de ambas acabou conduzindo, através do tempo, a uma ruptura definitiva - já visível na época de Segunda Revolução Industrial - entre as técnicas modernas baseadas em máquinas e na ciência, e as técnicas tradicionais vinculadas à experiência e às habilidades pessoais do produtor. Essa ruptura transformou a tecnologia numa barreira e num obstáculo no desenvolvimento das economias pré-industriais ou em vias de industrialização.

Com efeito, praticamente até o início do século XX, a difusão da ciência e da tecnologia modernas podia ser feita ainda por meio da informação e da imitação - ambas muito bem utilizadas nos processos de desenvolvimento de países como o Japão e a desaparecida União Soviética, cujas economias e sociedades tinham as condições e os requisitos necessários para a absorção das novas técnicas e dos novos conhecimentos. Isto porque estes não diferiam muito dos já existentes naqueles países, tornando possível em boa parte a construção local dos equipamentos necessários para tanto, bem como a formação gradativa dos quadros de pessoal requeridos.

Estas possibilidades, no entanto, praticamente deixaram de existir desde então, de um lado, porque as indústrias tradicionais porventura existentes nos países periféricos não estão, via de regra, capacitadas a enfrentar os desafios vindos de fora, tendendo, por isso, muitas vezes a regredir para a manufatura e o artesanato, ou então a desaparecer por completo, e do outro porque a escassez de capitais locais, o desinteresse dos empresários e as necessidades de importar tanto o maquinário como a tecnologia têm aumentado muito os custos e as dificuldades da industrialização de tais países. Mais grave do que a falta de

11 Cf Bairoch (1969, cap, 12, p. 164-175).

recursos materiais desses países tem sido o seu subequipamento intelectual, que se manifesta não apenas entre seus técnicos e operários, mas também - e talvez principalmente - no nível de suas elites políticas, econômicas, científicas e tecnológicas, as quais, muitas vezes, não estão a altura dos problemas a serem enfrentados.

A falta de pessoal qualificado e a precária base dos conhecimentos disponíveis resultam geralmente das deficiências de seus sistemas educacionais - especialmente, mas não apenas, no ensino universitário - bem como das insuficiências de suas instituições de pesquisa, básica a aplicada. O problema fundamental, portanto, reside na quantidade e na qualidade dos recursos humanos e materiais localmente disponíveis. Com frequência, estes recursos precisam inclusive ser criados e mobilizados, algo que também se aplica aos próprios conhecimentos científicos e tecnológicos.

Trata-se de processos que, em todos os casos, demandam tempo para concretiza-se, pressupondo a existência não só de uma base econômica compatível, mas também de uma vontade política para tanto. A difusão da ciência e da tecnologia modernas do centro para a periferia do capitalismo nunca se deu espontaneamente ou sem esforços por parte dos interessados.¹² Para saber como isso tem ocorrido, na prática, em casos específicos, nada melhor do que começar pela história econômica.

Referências bibliográficas

- Auger, Pierre. *Current trends in scientific research: the dissemination of scientific knowledge and the application of such knowledge for peaceful ends*. Paris: UNESCO, 1962.
- Bairoch, Paul. Les obstacles découlant des modifications du contenu de la technique. *In: Révolution industrielle et sous-développement*, cap 12. Paris: SEDES, 1969, p. 164-175.
- Basalla, George. The spread of western science. *Science*, v. 156, p. 611-622, May 1967.
- Christie, J. R. R. The development of historiography of science. *In: Olby, R. C. et alii (eds.), Companion to the history of modern science*. London: Routledge, 1990, p. 5-22.

12 Veja-se a respeito, entre outros, os textos de Basalla (1967, p. 611-622); Herrera (1971, cap. II, p. 44-66); Glick (1976, p. 287-359).

- Cohen, I. B. *Revolution in science*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1985.
- Gille, Bertrand. Progrès scientifique, progrès technique et progrès économique. *Fourth International Congress of Economic History*. Bloomington. Paris: Mouton, 1973, p. 209-222.
- Glick, T. F. Science in twentieth century Latin American. In: Bethell, Leslie (ed.), *Ideas and ideologies in twentieth century Latin American*. Cambridge University Press, 1966, p. 287-359.
- Herrera, Amilcar. El desarrollo científico y las condiciones socioeconómicas de América Latina. In: *Ciencia y política en América Latina*, Cap II. Mexico: Siglo XXI, 1971, p. 44-66.
- Laudan, Larry. The history of science and the philosophy of science. In: Olby, R. C. et alii (eds.), *Companion to the history of modern science*. London: Routledge, 1990, p. 47-59.
- Leff Enrique. El sistema y tecnología en el proceso de desarrollo socio-económico. *Comercio Exterior*, v. 26, n. 11, p. 1334-1341, Nov. 1976.
- Lepénies Wolf. Problems of a historical of science. In: Mendelson, et alii (eds.), *The social production of scientific knowledge*. Dordrecht: Riedel, 1977, p. 55-67
- Porter, R. The history of science and the history of society. In: Olby, R. C. et alii (eds.), *Companion to the history of modern science*. London: Routledge, 1990, p. 32-46.
- Schumpeter, J. H. How the economic system generates evolution. In: *Business cycles: a theoretical, historical and statistical analysis of the capital process*. New York: McGraw Hill, 1939, p. 72-129, cap. 3.
- _____. [1949] Economic theory and entrepreneurist history. Reproduzido em Clemence, R. V. (ed.), *Essays on entrepreneurs, innovations, bussiness cycles and the evolution of capitalism*. 2ª impressão. Brunswick: Transaction Publishers, 1991, p. 253-271.
- Stephan, Paula E. The economics of science. *Journal of Economic Literature*, v. XXXIV, p. 1199-1235, Sep. 1996.
- Swdberg, Richard. *Joseph Schumpeter: his life and work*. Cambridge: Polity Press, 1993.

