

Inovação tecnológica e ciclo econômico numa perspectiva histórica e social

(Technological innovations and economic cycles in historical and social perspective)

Bouزيد Izerrougene (UFBA)*

Resumo:

Esse trabalho busca mostrar que os ritmos oscilantes de desempenho econômico refletem menos um suposto jogo necessário de ciclos tecnológicos longos, do que um universo social de natureza evolutiva, no qual se integram os próprios fatos econômicos.

Palavras-chave: inovação, ciclo longo, ciclo tecnológico, universo social.

Abstract

This paper attempts to show that rhythmic oscillations of economic performances reflect less a game of long technology cycles, than the evolutionary social universe, in which the economic facts integrate themselves.

Key-words: innovation, long cycle, technologic cycle, social universe.

Introdução

As mudanças trazidas pelo desenvolvimento das tecnologias de informação e de comunicações provocam importantes conseqüências sobre a organização industrial e as estratégias empresariais, com impacto no mercado de trabalho. O seu efeito se estende à totalidade dos campos econômicos e sociais, alimenta a ilusão de um admirável processo inédito de “destruição criativa” e impressiona os contemporâneos. Por sua importante dimensão e densidade, as inovações continuam a suscitar a ideia de ciclo tecnológico determinante da dinâmica econômica, embora a lógica das inovações fizesse sempre parte integrante do processo competitivo e da sua subsequente renovação de estruturas de desenvolvimento econômico e social. O contexto de economia de

* Professor de economia no Curso de Mestrado em Economia da UFBA. bouzid@ufba.br

mercado e a propensão das empresas a inovar são duas faces de uma mesma realidade, tendo o ritmo das mudanças tecnológicas fator influente nas flutuações conjunturais do crescimento econômico, mas não fator decisivo da evolução do crescimento capitalista de longo prazo.

O objetivo principal aqui é mostrar que as oscilações econômicas de longo prazo refletem menos um suposto jogo necessário de ciclos tecnológicos longos, do que o universo social, no qual se inserem os próprios atores e adventos econômicos. Embora representem uma realidade transformadora, os ritmos de crescimento caracterizam bem mais os múltiplos ciclos de vida dos produtos e das tecnologias —que são específicos a cada indústria— do que ciclos econômicos gerais.

Para tentar realizar tal objetivo, exploramos, na primeira seção, a relação entre inovação, demanda e mutação industrial, destacando as diferentes categorias de inovação e seu impacto diferenciado sobre os ritmos de crescimento econômico em um regime capitalista de acumulação. Na segunda seção, focalizamos a noção de “inovação radical” para analisar o seu papel estruturante na dinâmica oscilatória da economia e, através dessa análise, observar que as flutuações econômicas de longo prazo não se devem necessária e exclusivamente à ação endógena de uma suposta lógica econômica intrinsecamente cíclica. Na terceira e última parte, apresentamos uma perspectiva histórica e social, destacando a importância dos fatores culturais e institucionais nos processos de inovação. Tentamos mostrar como a consideração da dimensão humana nas transformações materiais enfraquece qualquer pretensão de ciclo tecnológico determinista. A hierarquia que existe necessariamente nas potencialidades inovadoras de firmas e nações é sinônimo de uma dinâmica contrariada da transformação tecnológica, e revela interferência de características contextuais maiores e específicas.

I. Dinâmica de inovação, competição e mercado.

Tradicionalmente, a análise da dinâmica das inovações leva os economistas, no enfoque schumpeteriano, a evidenciar diferentes dimensões de inovação. Cinco eixos de inovação são considerados: a descoberta de um novo produto, a introdução de uma nova técnica de produção, o aperfeiçoamento da gestão empresarial, a exploração de uma nova fonte energética ou de uma nova matéria prima e, enfim, a abertura geográfica de um novo mercado (Schumpeter, 1934). A economia industrial da inovação reconsiderou

essa tipologia e operou novas distinções entre, dessa vez, inovação-produto e inovação-processo, de um lado, e, de outro lado, entre inovação maior (radical) e inovação menor (incremental). Essas tipologias permitem mostrar que as diferentes formas de inovação causam impactos diferenciados sobre o ritmo das mudanças na indústria em geral, e sobre a dinâmica econômica global. A distinção entre inovação-produto e inovação-processo permite evidenciar as dinâmicas setoriais que condicionam os ciclos de vida dos produtos nas diferentes indústrias¹. Enquanto isso, a distinção entre inovação maior e inovação menor permite completar a análise das flutuações de longo prazo, aquelas que são subjacentes à evolução macroeconômica.

A inovação é um fenômeno de múltiplas dimensões que caracterizam tanto o resultado incerto de decisões empresariais atípicas, quanto a expressão e o escopo de aplicação de novas descobertas ou invenções. O resultado comercial da inovação determina os fundamentos microeconômicos, que são precisamente o produto e o método de produção.

No caso da inovação-produto, que é diretamente visível para o consumidor, a empresa inovadora busca difundir rapidamente seu novo bem ou serviço a fim de auferir lucros de monopólio relativo, cuja importância é necessariamente proporcional à dimensão inovadora. Essa dimensão determina o prazo que separa o momento da introdução do novo produto daquele da sua imitação por concorrentes potenciais. Durante esse intervalo de reação, a firma inovadora que visa preservar sua superioridade tecnológica deve dedicar parte de seus lucros à despesa em pesquisa, na perspectiva de desenvolver novas gerações do produto em questão, incluir nele novos opcionais e reforçar o poder de enfrentar eventuais imitações. Esse processo de inovação contínua contribui a melhorar de forma regular a qualidade dos produtos e a aumentar a diversificação da oferta, ao mesmo tempo em que constitui uma barreira à entrada de novos produtores, uma barreira nunca totalmente dissuasiva. Assim, a inovação como instrumento de garantir temporariamente a posição de monopólio sugere novas oportunidades de

¹ No sentido dado originalmente por Raymond Vernon (1979), que foi o primeiro a desenvolver a teoria do ciclo de vida do produto. Para este autor, as inovações se explicam pelas características gerais do país onde aparecem. O produto passa por diferentes etapas: surgimento, crescimento, maturidade e envelhecimento. Essas fases são associadas ao crescimento da produção e podem ser caracterizadas pela evolução da demanda, pela evolução das técnicas de produção utilizadas em função da importância da demanda e da sua elasticidade-preço e, finalmente, pelas modalidades de abastecimento dos mercados.

competição potencial, ao mesmo tempo em que amplia os espaços de valorização capitalista.

A empresa não pode evitar facilmente a tendência de queda dos preços de seus produtos em um mercado concorrencial, a menos que crie regularmente novos produtos e preveja a sua introdução no mercado toda vez que sente a ameaça de entrada de concorrentes. A generalização desse comportamento de concorrência concentrada alimenta o processo de inovação-produto. Nessas condições, é possível aparecer uma racionalidade do consumidor que consistiria em adiar as decisões de compra no objetivo de minimizar o processo iminente de obsolescência acelerada do bem adquirido, ou na perspectiva de uma elevação futura da qualidade do produto desejado, ou, ainda, na esperança de uma queda dos preços, devido à desqualificação da oferta corrente. O mercado de informática é um exemplo patente em que os adiamentos de demanda e a antecipação de oferta de equipamentos e *softs* mais performantes e mais baratos são muito freqüentes.

Devido a essas mudanças imprevisíveis, o mercado pode cair numa espécie de “armadilha da inovação”. A demanda estagna em razão da multiplicação das inovações, para se expandir em seguida, a partir do momento em que os consumidores percebem que a relação qualidade/preço atinge um patamar psicológico interessante, ou quando pressentem que as inovações futuras não irão trazer mais do que melhorias marginais. Esse comportamento do consumidor, justificado pela antecipação de uma aceleração no ritmo da inovação tecnológica, é sinônimo de mais incerteza na evolução da demanda, o que torna difícil qualquer previsão segura da conjuntura. Se o ritmo da introdução de novas tecnologias é próprio a cada setor econômico, então a sua aceleração não seria necessariamente capaz de afetar o conjunto da economia e exercer, conseqüentemente, impacto significativo sobre a demanda global, mesmo que as demandas setoriais estejam afetadas.

Contrariamente à inovação-produto, a inovação-processo é bem menos visível, tanto para o consumidor, quanto para a firma concorrente: característica esta que limita sobremaneira o processo da sua difusão. Em geral, a inovação-produto implica também inovação-processo (Kraft, 1987), enquanto que a introdução de uma nova forma de produzir não supõe geração de novo produto, mas somente contribui a melhorar a produção de produtos pré-existentes e/ou a reduzir o custo de sua produção. Neste caso, também, parte do resultante lucro adicional é utilizada para despesas de P&D

específicas à firma, de modo a defender e manter os benefícios que derivam da superioridade tecnológica.

O lucro aparece como o condutor da melhoria nas performances da empresa, particularmente em um contexto de competição capitalista, o qual se traduz sempre por restrições de preço e de eficácia: uma dupla restrição que a inovação-processo permite conciliar, ao aumentar a performance produtiva e reduzir o preço do produto. Porém, aumentar a produtividade implica custos adicionais de investimento e requer tempo de amortizações. Apesar da sua natureza aleatória, o investimento em tecnologia deve então resultar na melhoria do desempenho produtivo, senão a firma inovadora pode se ver fadada ao fracasso². Essa restrição se impõe a todas as firmas e induz uma aceleração do ritmo de inovações tecnológicas. A partir do momento em que uma ou outra empresa se empenhe a garantir supremacia via inovações, os concorrentes também devem assumir importantes despesas de P&D para acompanhar as mutações, mesmo que não tenham tempo suficiente para amortizar essas despesas, em razão do surgimento contínuo de novas inovações que vêm sempre desqualificar produtos e meios de produção existentes.³ Porém, como os programas de pesquisa podem cair rapidamente na obsolescência e os campos de inovação se deslocar constantemente, a atitude empresarial de adiar as decisões de investimento pode se revelar, como no caso do consumidor que adia suas compras, uma solução igualmente racional, o que pode gerar atraso tecnológico e recessão econômica.

As inovações perturbam os ritmos da evolução da demanda e do investimento nos mercados. Situações específicas podem ser distinguidas entre os mercados saturados e os mercados em expansão. Em um mercado em crescimento, cada firma pode aumentar suas vendas sem diminuir o *market share* do concorrente, em razão da ampliação do mercado. O confronto entre as firmas não é direto, pois o consumidor conquistado por uma firma não representa necessariamente uma perda por uma outra firma, mas somente um ganho a menos. Em um mercado estagnado ou recessivo, ao contrário, uma firma aumenta sempre sua parte do mercado em detrimento dos concorrentes. Um consumidor ganho por uma firma é um consumidor perdido por outra. O confronto é direto e passa pela inovação. A concorrência exacerba a competição e se reflete no comportamento

² Como no modelo de Nelson e Winter (Nelson e Winter, 1982).

³ Na indústria dos microprocessadores, por exemplo, esse fenômeno gera evoluções caóticas (Ver Boar, 2009).

inovador das firmas. Ao mesmo tempo, como vimos anteriormente, a aceleração das inovações pode ter efeito recessivo ao gerar comportamentos de adiamento de demandas, tanto do consumo, quando se trata de novos produtos, quanto do investimento, quando há riscos de obsolescência tecnológica precoce. Esses atrasos pesam sobre a evolução da demanda global, podendo precipitar ou agravar a recessão. Para fechar o círculo, a ameaça da recessão, por seu turno, acelera o ritmo de realização de inovações, vistas como forma de resistência para as firmas que atuam em mercados saturados ou em crise.

Esse processo contraditório pode ser observado em vários setores industriais, notadamente na indústria automobilística mundial, em que se estima em centenas de milhões o número de unidades que não encontram comprador. Em tal contexto de mercado saturado, qualquer incremento no *market share* de um grupo automobilístico implica perdas para os grupos concorrentes, que se vêem forçados a realizar reestruturações produtivas constantes. Quando o excesso de oferta acarreta queda nos preços, a sobrevivência dos construtores passa pela introdução de inovações em todos os níveis: inovação-produto, que se traduz pela diversificação da oferta, e inovação-processo, via reorganização das plantas industriais. Por razões semelhantes, na indústria da informática a inovação é instrumento de elevação da eficácia da produção e da comercialização, servindo para melhor atender às exigências de qualidade e de desempenho, enquanto os preços tendem a cair.

Essa dinâmica de inovação generalizada e contínua induz, por si, um incremento acelerado da oferta que reproduz e acentua o desequilíbrio inicial. Observa-se que, apesar da renda de monopólio que se pode adquirir por uma inovação sucedida, as firmas inovadoras agem como se existisse uma concorrência real, mesmo que seja somente potencial. A própria inovação é um vetor de competição crescente, porque nunca se sabe de antemão de onde podem surgir as ameaças em termos de novos produtos ou novos processos. A resultante germinação de inovações amplia o campo de oportunidades de produção e comercialização.

II. Inovação e conceito de dinâmica econômica intrinsecamente cíclica.

A distinção entre inovação maior e inovação menor permite entender melhor as dinâmicas globais que afetam os ritmos macroeconômicos, chamados ciclos Kondratieff (Imbert, 1959). A inovação maior, ou inovação radical, corresponde à introdução na

economia de uma tecnologia mestra ou genérica capaz de afetar a organização do trabalho e a produtividade em um grande número de atividades. É uma tecnologia que traz muitas mudanças paulatinas, as quais orientam a produção dentro de uma “trajetória tecnológica”. Por sua vez, a inovação menor, ou inovação incremental, constitui-se numa ou outra dessas mutações progressivas decorrentes da inovação maior e que permite melhorar ou transformar a tecnologia mestra, visando sua aplicação e adaptação às especificidades de diferentes setores e mercados. Através dela se revelam as potencialidades econômicas e comerciais de uma inovação radical; o seu fluxo atualiza a trajetória tecnológica e estimula o desdobramento e a difusão da inovação original.

O grau de radicalismo da inovação maior e o escopo da tecnologia que ela implica determinam o campo potencial em que aparecem as futuras aplicações. O espaço das mudanças pode se restringir a determinadas atividades setoriais ou afetar o conjunto da economia. No primeiro caso, a inovação radical, seja de produto ou de processo, desencadeia no âmbito de um setor particular de atividade a seguinte sequência: (i) eclosão; (ii) desenrolamento, quando sancionada pelo mercado; (iii) banalização, depois que aparecem imitadores, gerando um crescimento da concorrência; (iv) racionalização e declínio⁴.

Nesse processo, o fluxo de inovações menores é incessante e contribui tanto na vulgarização junto aos consumidores da inovação inicial, quanto no aparecimento de imitadores e concorrentes. A sequência da inovação maior, que é estreitamente associada ao ciclo de vida do produto, determina a dinâmica setorial e marca a evolução do mercado de trabalho. De fato, quando a empresa inova e cria seu mercado, ela terá tendência a empregar mais mão-de-obra com qualificações específicas e competências inéditas. Quando as margens de lucro se estreitam sob o efeito da entrada de concorrentes, a empresa pioneira será obrigada a racionalizar a produção e terá tendência a dispensar funcionários.

No seu conjunto, a economia é formada por um grande número de setores cuja evolução cíclica não se encontra necessariamente em sincronia. De um suposto ciclo para outro, as diferentes atividades setoriais passam por evoluções tecnológicas específicas, vinculadas à sucessão de inovações maiores no tempo. Uma vez que se esgota o fluxo de inovações menores desencadeadas pela inovação maior, a empresa é levada a explorar uma outra inovação maior que possa gerar-lhe nova demanda e relançar o

⁴ Por mais detalhes, ver o artigo de Giovanni Dosi (Dosi, 1988).

ritmo de suas atividades sob uma nova base tecnológica, provocando um novo ciclo setorial de expansão. O advento de novos ciclos setoriais, assim como o das inovações maiores, não ocorre de forma conjunta em todas as atividades da economia como todo. Portanto, a cada momento há empresas que crescem e criam novos empregos, enquanto outras se contraem e suprimem postos de trabalho. É precisamente essa falta de sincronia que coloca em questão a noção de ciclo longo da economia.

A idéia da existência de ciclos longos na atividade econômica capitalista, iniciada pelos trabalhos fundadores de Kondratieff, consolidou-se no período do crescimento sustentado do pós Segunda Guerra Mundial. Estimava-se naquele contexto que o controle da conjuntura econômica estivesse razoavelmente assegurado pela intervenção do Estado, através de políticas macroeconômicas adequadas, ao passo que as flutuações de longo prazo se encontrassem fora do alcance dos poderes públicos. Todavia, como o desempenho econômico corrente não fica imune às mudanças econômicas longas,urgia produzir um conhecimento teórico dos ciclos econômicos, no intuito de poder antecipá-los e regulá-los. Mais tarde, depois da crise do regime fordista de acumulação, a recrudescência da dificuldade em prever as mutações tecnológicas e a internacionalização crescente das economias vieram colocar sérias dúvidas nas pretensões das políticas governamentais em monitorar a conjuntura macroeconômica, tornando menos pertinente o conceito de ciclo macroeconômico longo.

Numa perspectiva histórica, pode-se observar que a economia mundial como todo cresceu ao longo do século XX a uma taxa média anual abaixo de 2%, enquanto economias nacionais como a do Brasil e dos Estados-Unidos registraram taxas médias acima de 3% e, em outros países também as flutuações em volta da taxa média mundial foram importantes e díspares. Essas diferenças se explicam necessariamente pelas situações contrastantes das economias nacionais, segundo características espaciais, históricas, institucionais e sociais, marcadas pela incerteza irreduzível dos adventos e pela evolução incessante das formas culturais que não deixam jamais de afetar os fenômenos econômicos. Se a realidade das flutuações econômicas é um fato incontestável, nada pode sustentar que se devam necessária e exclusivamente à ação endógena de uma dinâmica cíclica inerente ao campo dos ajustamentos econômicos⁵.

⁵ Na teoria de crescimento endógeno, a inovação tecnológica é endógena porque surge como resultado dos esforços dos agentes produtivos para maximizarem seus lucros. Mas ela é também fruto de arranjos

As flutuações remetem a irregularidades fundamentalmente imprevisíveis da conjuntura e são, evidentemente, marcadas pela alternância de movimentos de alta e de baixa nas diferentes variáveis econômicas. O surgimento de inovações e os processos associados de difusão no espaço industrial exercem certamente um papel determinante nas oscilações experimentadas de crescimento econômico, porém a noção de ciclo é por demais constrangedora para poder conjecturar uma idéia de periodicidade ou de recorrência de movimentos oscilatórios, pois as flutuações econômicas não se reproduzem com períodos e amplitudes regulares. *Embora representem uma realidade transformadora, os ritmos de crescimento caracterizam bem mais os múltiplos ciclos de vida dos produtos e das tecnologias - que são específicos a cada indústria - do que ciclos econômicos gerais.* As diferentes fases que intervêm na maturação das inovações e sua difusão exercem um papel determinante nesses ciclos setoriais de vida de produtos, mas têm pouca relação com qualquer “fatalidade tecnológica” que determinaria períodos de criação ou de declínio de técnicas e que causaria momentos longos de prosperidade e outros de depressão econômica.

Obviamente, o surgimento de inovações radicais abre novas perspectivas de crescimento, regenerando as oportunidades de investimento e ampliando as fronteiras de valorização mercantil. Porém, é menos evidente que essa dinâmica obedeça a ciclos inerentes ao processo de germinação de inovações. Da mesma forma, se as forças de equilíbrio comandam, em boa parte, as variáveis econômicas, essas mesmas forças são, por sua vez, constantemente afetadas por fatos sócio-culturais amplos, que incluem os próprios parâmetros econômicos. A economia não é o mundo desencarnado e fluido do equilíbrio walrasiano, mas apenas uma das múltiplas dimensões da complexidade social, expondo-se necessariamente a todas as influências sociológicas, políticas e históricas. Esses elementos, na sua complexa totalidade orgânica, impedem que se avalie a parte de responsabilidade na evolução econômica de longo prazo que possa caber aos movimentos imputáveis à dinâmica estritamente econômica.

O crescimento econômico na Europa dos anos de 1950 e 1960 serviu de referência para muitos economistas que teorizaram sobre a pertinência da noção de “trajetória do crescimento equilibrado”⁶ e sobre a validação da idéia de “regime de crescimento

institucionais e de modos globais de organização social, que passam a assumir um papel crucial no crescimento contínuo da renda per capita.

⁶ Como no modelo Von Neumann. Ver Von Neumann (Neumann, 1945) e Morishima (Morishima, 1964).

fordista”⁷. Esses autores omitiram, todavia, que o período em questão havia sucedido à uma guerra mundial que arrasou grande parte do continente europeu, razão pela qual ignoraram que a evolução econômica é necessariamente conturbada nos períodos históricos de instabilidade sócio-política, ao passo que é mais regular nos momentos de estabilidade. Assim, as flutuações econômicas podem ser explicadas mais pela sensibilidade dos fenômenos econômicos ao ambiente social, institucional e histórico no qual tomam suas formas, do que pela afirmação de alguma suposta dinâmica econômica intrinsecamente cíclica.

III. Crítica do conceito de ciclo longo tecnologicamente determinado.

O conceito de ciclo econômico é demasiadamente restritivo, porque prende os processos de inovação e de difusão a um determinismo tecnológico no qual a inovação intervém como fenômeno despojado de seus próprios atores e isolado do ambiente social em que ocorre. A inovação se deve, no entanto, mais à ação voluntária dos atores que participam no seu processo (empreendedores, pesquisadores, assalariados, instituições, acionários, etc.) do que ao efeito (embora necessário) de um movimento cíclico inelutável que possa sobredeterminar estratégias empresariais ou políticas tecnológicas de nações. Levar em conta a dimensão humana das inovações passa pela consideração da perspectiva histórica e pelo estudo do contexto social abrangente, que intervém obrigatoriamente na dinâmica das mudanças tecnológicas.

III. 1. Aspecto histórico de algumas importantes inovações

A inovação maior possui um caráter universal e consiste na introdução de tecnologias genéricas, as quais modificam os métodos de produção e as formas de ofertar bens e serviços aos consumidores num grande número de setores vitais da economia. Na segunda metade do século XIX, por exemplo, a máquina a vapor transformou a maior parte das atividades econômicas, e a sua difusão provocou um grande e vasto avanço industrial na Europa. No setor de têxtil, a máquina de Newcomen⁸ permitiu aumentar de forma extraordinária os rendimentos dos teares; na indústria metalúrgica, o mesmo ocorreu com a introdução do martelo a vapor de Bourdon; na engenharia civil, a

⁷ A escola da regulação. Ver Boyer (Boyer, 1990).

⁸ A máquina a vapor de Newcomen foi aperfeiçoada pelo condensador, inventado por James Watt em 1769.

construção de guindastes somente foi possível graças à máquina a vapor; no setor energético, a invenção do dínamo por Gramme permitiu a utilização da turbina a vapor para produzir energia elétrica. Na área de transportes, as mudanças trazidas pelo vapor foram ainda mais espetaculares, tanto para a navegação marítima, quanto para o transporte ferroviário. Ainda, na imprensa, o vapor gerou um desenvolvimento formidável com a introdução do cilindro que aumentou vertiginosamente as possibilidades de tiragem⁹.

Todas essas transformações geraram grandes economias no uso da energia humana e provocaram, em poucas décadas, o desaparecimento de muitos ofícios e postos de trabalho, particularmente nas indústrias de têxtil e de metalurgia. Não existiam naquela época políticas para assegurar a conversão dos setores ameaçados pelo progresso tecnológico e acompanhar as transições sociais que se deviam ao desaparecimento de empregos braçais. A redução da necessidade do trabalho manual confortou, naquele contexto (e ainda hoje conforta) a tese da “máquina que devora os empregos”, defendida notadamente por David Ricardo. Schumpeter observou que, todavia, Ricardo havia ignorado um fato essencial a respeito do progresso técnico. Argumentou de modo pertinente que a máquina realiza quantitativa e qualitativamente o que não pode ser cumprido sem ela. A máquina não substitui trabalhadores, mas introduz novas possibilidades, às quais a sociedade deve se adaptar e, nas palavras de Schumpeter, a máquina “substitui trabalhadores que ainda não nasceram” (Schumpeter, apud Bensoussan, 1969, p; 3). De fato, ao longo do século XIX, enquanto a produção mecanizada se desenvolvia exponencialmente, o emprego na indústria crescia na mesma medida. Portanto, o desemprego na economia capitalista não se deve ao progresso tecnológico diretamente, mas à rigidez na formas de organizar o trabalho e redistribuir renda¹⁰.

A história da revolução do vapor mostra que a explosão das inovações não é um fenômeno reservado à contemporaneidade, e desvenda a ilusão que se tem sobre o ineditismo do avanço tecnológico atual, gerado pela revolução da tecnologia de informação e comunicação. Ela mostra, sobretudo, que as invenções, a ciência, as inovações e as resultantes transformações materiais nunca são simultâneas, mas entram,

⁹ Para mais detalhes sobre a história dos processos tecnológicos, ver Grant (Grant, 1996).

¹⁰ O desemprego não é tecnológico, mas um problema que se situa fundamentalmente na relação social capital/trabalho.

sim, num jogo de interações dinâmicas e intensas que supõe a participação de iniciativas e de tomada de riscos por parte dos atores sócio-econômicos. Os processos de transformação incluem longos períodos de latência e de maturação que, muitas vezes, impedem a premiação ou a recompensa do próprio (gênio) inventor¹¹.

A evocação histórica da máquina a vapor mostra que a inovação radical, seguida por uma quantidade de inovações incrementais que possam regar inúmeras atividades, gera mudanças consideráveis em setores chaves e muito diversos da economia. Na época do motor a vapor, essas mudanças foram tão irresistíveis, rápidas e significativas quanto as mudanças provocadas hoje pelo computador - outra máquina universal – e pelo resultante conjunto das tecnologias de informação e comunicação.

Do mesmo modo que o século XIX foi o século do vapor e da eletricidade, o século XX foi o século em que se desenvolveram as tecnologias de informação. Hoje, a economia capitalista conhece um processo semelhante de transformações estruturais, alimentadas pelo desenvolvimento e difusão de inovações incrementais que se associam à emergência do computador. O mesmo processo de longa maturação e de interação dinâmicas entre ciência, invenção, inovação, indústria e tecnologia interveio na consolidação paulatina das tecnologias de informação e comunicação, afirmando-se como setor estratégico. A descoberta das ondas magnéticas e a construção do computador são duas inovações maiores neste âmbito.

A descoberta das ondas magnéticas permitiu o desenvolvimento das indústrias de comunicação, enquanto o computador possibilitou o desenvolvimento das indústrias de tratamento da informação. Com a digitalização, a partir dos anos de 1980, esses eixos de desenvolvimento convergiram para a consolidação do setor de tecnologias de informação e comunicação. Essa convergência é o resultado de um século de inovações e descobertas. No início do século XX, quando as necessidades em comunicação se tornaram mais importantes, cientistas e engenheiros tomaram consciência do interesse em utilizar a propagação do campo magnético associado ao campo elétrico, formando assim sinais eletromagnéticos que puderam transmitir mensagens rápidas e à longa

¹¹ Um exemplo famoso de inventor não recompensado por seu esforço intelectual é o francês Denis Papin, que em 1679 inventou o “digestor”, que é um protótipo de máquina a vapor. Na época a invenção foi recebida com indiferença. Em 1712, o inglês Thomas Newcomen, servindo-se dos trabalhos de Papin, construiu a primeira máquina a vapor operacional. Ficou rico e entrou na história. Papin, desconhecido, morreu na miséria.

distância¹². Essa realização teve como base a descoberta das ondas elétricas, em 1865, pelo físico inglês James Maxwell, cujos estudos na época permaneceram no campo teórico e não encontraram aplicação. Vinte anos depois, o alemão Heinrich Hertz desenvolveu um dispositivo técnico capaz de reproduzir essas ondas, que foram então chamadas de ondas hertzianas. Em 1896, o físico russo descobriu um sistema que capta as ondas emitidas pelas descargas das trovoadas, e inventou a primeira antena. Todas essas descobertas e invenções reunidas resultaram, logo no início do século XX, na fabricação do primeiro aparelho de transmissão radiofônica pelo italiano Guglielmo Marconi. Em seguida, a indústria de telefonia começou a utilizar as tecnologias das ondas para tornar possível as ligações intercontinentais. Precisou-se então esperar até a década de 1980 para experimentar a verdadeira revolução da radiotelefonia via satélite, a qual gerou a explosão do telefone celular. Nesse interstício, a expansão do setor de informática e a digitalização transformaram a própria noção de informação, quando a comunicação passou a ser foco de criação.

A passagem da energia física à energia informacional não teria sido possível sem a eletricidade. Nesse campo da eletricidade, também, era preciso esperar até os meados do século XIX para que uma série de invenções complementares pudesse revelar o potencial industrial da energia elétrica, que, até então, era apenas objeto de dissertações dos enciclopedistas entusiastas. A partir daquele momento, vários industriais e inventores deslumbraram as potencialidades da eletricidade e desenvolveram inovações decisivas: Edison inventou a lâmpada à incandescência, Gramme construiu o motor elétrico e Siemens criou a locomotiva elétrica. Essas novidades irão desencadear, nas décadas de 1870 e 1880, uma nova onda de industrialização, na qual Thomas Edison, que fundou um verdadeiro império industrial, representou o arquétipo do empreendedor schumpeteriano. Nessa era do domínio da eletricidade, enquanto a Inglaterra e a França permaneceram na estação do vapor, a Alemanha e os Estados Unidos começaram a se impor como países pioneiros, montando prestigiosos grupos industriais, como o Siemens no primeiro país e o Edison-General-Electric e o Westinghouse, no segundo.

A escolha dos séculos XIX e XX e a associação respectiva das tecnologias de vapor e de informática são necessariamente redutoras, pois esses dois séculos não são únicos como períodos de expansão tecnológica, mas ambos são caracterizados por um fluxo intenso

¹² Os sinais eletromagnéticos se deslocam a uma velocidade um milhão de vezes maior do que a velocidade do som, e se propagam sem nenhum suporte material.

de inovações. Muitas descobertas científicas e técnicas foram realizadas antes da instauração do capitalismo, até mesmo em períodos remotos. Historicamente, o Museu de Alexandria é testemunha da grande importância do acervo de descobertas que foram mais tarde exploradas pela ciência moderna e aproveitadas na revolução industrial. Muitas coisas eram possíveis de serem realizadas pelos ptolomeus no Egito, trezentos anos antes de Cristo, como a máquina à vapor ou a máquina de voar, não fossem as limitações socioeconômicas da época, como a religião, a ideologia e o modo escravista de trabalho, que não ofereciam campo para aplicações. Essas descobertas não atendiam diretamente aos interesses das classes dominantes. Resultado: quase todo aquele conhecimento ficou despercebido por vários séculos, todos os séculos da idade média, até que necessidades apareceram e tornaram real a sua aplicação.

Todo esse apontamento dos processos históricos do desenvolvimento tecnológico é para mostrar o quanto da importância dos fatores humanos nos processos inovadores e de transformação tecnológica. Mesmo que um determinado país (ou determinada empresa) seja campo de primeiras descobertas pelas quais se afirmam as inovações radicais, pode ele sofrer atrasos crônicos na aplicação de inovações incrementais, se não possuir aptidões sociais e institucionais para formar novas indústrias e novas atividades,

III.2. Importância do contexto social

Os elementos culturais, institucionais e demográficos são, em função dos países e dos contextos históricos, cruciais para o favorecimento da adoção de comportamentos inovadores. Deles dependem diretamente os processos de inovação e de difusão das técnicas, muito mais do que de qualquer suposto jogo mecânico de ciclo tecnológico. A consideração do contexto social impede conferir qualquer caráter de automatismo à criação de novas atividades. Se as inovações maiores e as inovações menores se articulam no âmbito de trajetórias tecnológicas que comandam o destino das firmas e dos setores industriais, essas trajetórias não são, contudo, processos mecânicos que possam sobredeterminar o conjunto da atividade econômica.

A inovação é sempre o resultado de escolhas humanas realizadas por atores econômicos e sociais animados por motivações múltiplas, como lucro, prestígio, reconhecimento, aventura, etc. Acima de tudo, são decisões empreendedoras que acompanham as potencialidades tecnológicas, e essas decisões supõem incitações e antecipações

otimistas. A inovação não é uma expressão inelutável de um suposto *trend* tecnológico que se imporia aos indivíduos, às firmas e às nações. Ela é, sim, a expressão de motivações e atitudes individuais, de contextos sócio-institucionais com graus variados de receptividade às mudanças e às evoluções. A negação do papel primordial da dimensão humana nos processos de inovação confere um caráter mecanicista à teoria econômica da tecnologia e vai de encontro à visão schumpeteriana dos processos evolutivos. As organizações coletivas – empresas e instituições – articulam as decisões e motivações individuais sem para tanto neutralizá-las.

O contexto social intervém como elemento chave que pode favorecer ou não a expressão de escolhas e comportamentos de inovação. Em um dado período, pode existir uma distância entre o potencial técnico e científico de uma nação e as suas performances em termos de desenvolvimento de novas atividades, de produtividade e de emprego. Esse *gap* tecnológico indica que os novos conhecimentos científicos não alimentam, por si, o espaço econômico e não se transformam automaticamente em patentes ou em novas tecnologias ou novos produtos que possam gerar novas empresas e novas atividades.

As inovações em si não implicam obrigatoriamente incrementos na produtividade. O “paradoxo da produtividade”, evidenciado pelo economista americano Solow, deriva do exemplo da difusão do computador: apesar da proliferação do uso do computador no setor dos serviços, a produtividade não acusava ganhos, fato que se deve ao atraso na transformação do ambiente produtivo e na sua adequação à nova inovação.

Mesmo que as firmas se insiram no mesmo ambiente científico e tecnológico e que fizessem parte do mesmo contexto informacional¹³, elas não teriam as mesmas incitações a inovar. Os agentes econômicos não são caracterizados pela mesma propensão a explorar os conhecimentos disponíveis para realizar inovações. Daí resulta uma diferenciação no desempenho econômico, produzindo uma hierarquia entre as firmas, as indústrias e as nações. Essa hierarquia (ou *gap*) é sinônimo de uma *dinâmica contrariada da transformação tecnológica*, a qual revela interferência de características sociais específicas. Essas características, todas evolutivas e históricas, são essencialmente de ordem psicológica, demográfica e institucional.

¹³ O que é uma tendência atual, devido à globalização e à maior difusão da informação.

A característica psicológica se traduz por atitudes individuais que podem favorecer ou desfavorecer a inovação numa sociedade capitalista. Aquelas que desestimulam a inovação são, essencialmente, a aversão ao risco, as incertezas do mercado e os custos de oportunidade; enquanto que as estimulantes são, entre outras, o desejo de consumir e a vontade de conquistar o reconhecimento social.

A característica demográfica concerne, antes de tudo, a taxa de atualização, que é proporcional à idade, o que faz com que países com população envelhecida possuam proporções menores a investir e, portanto, a realizar taxas elevadas de crescimento económico. Nas populações jovens, a inovação é percebida como oportunidade de inserção social, ao passo que pode ser vista como ameaça para quem se encontra já inserido na organização social. Mas essa tendência das populações jovens em inovar exige a presença de sinergias materiais e de flexibilidades institucionais; a disponibilidade de equipamentos, insumos e meios de financiamento.

Do lado do consumo, se é verdade que o envelhecimento da população traz novas demandas de produtos e serviços, particularmente nos setores de turismo e de saúde, os efeitos sobre a produção dessa nova demanda são mitigados no médio prazo. As populações jovens possuem, de toda forma, maiores necessidades de consumir, por não terem ainda, em geral, adquirido os necessários bens e serviços de consumo, como, também, são mais ávidos de produtos novos.

Enfim, a característica institucional diz respeito basicamente à cultura organizacional de uma sociedade, incluindo as tradições e costumes, as legislações e regulamentações, as políticas setoriais e governamentais, o sistema financeiro, as relações intra e inter-cadeias produtivas, a inserção internacional e o incentivo à produção intelectual.

As estratégias de inovação são influenciadas por: (i) paradigmas e trajetórias tecnológicas que delimitam as formas de concorrência dominantes, a dinâmica industrial e as estruturas de mercado; (ii) restrições e oportunidades estabelecidas por meio do conjunto de instituições que regulam e definem o funcionamento dos mercados e indústrias, a exemplo dos interesses económicos das instituições de P&D, seu *know-how* e a atuação do poder público via estratégias tecnológicas nacionais; e (iii) heranças das firmas – conjunto de ativos tangíveis e intangíveis, capacitações e rotinas que determinam o posicionamento das firmas em relação à fronteira tecnológica. Os fatores institucionais, numa perspectiva neo-schumpeteriana, evoluem em estreita relação com

os paradigmas técnicos, com as trajetórias tecnológicas, as estruturas de mercado, os padrões de concorrência e a capacitação empresarial.

Considerações finais

Os séculos XIX e XX são marcados pelo advento de muitas inovações maiores, cujos efeitos estruturantes foram de grande importância para o avanço do processo industrial e do crescimento econômico. No século XIX, a máquina a vapor representou o primeiro grande exemplo de máquina universal, permitindo tornar muitas vezes maior a energia física que se pudesse gastar em processos de transformação industrial e elevando as potencialidades de tratar os objetos materiais em quase todas as atividades econômicas. O caminho estava aberto para todo um paradigma de mecânica, o qual irá encontrar novos impulsos, particularmente através da descoberta de novas fontes de energia, como a eletricidade e o petróleo.

Da mesma forma, o século XX foi marcado pelo surgimento paulatino do computador: a nova versão de “máquina universal”, que multiplica a energia mental e aumenta as possibilidades de tratar objetos intangíveis em um vasto campo de atividades econômicas.

Todas essas inovações são o fato de atores individuais (empreendedores) e coletivos (firmas, laboratórios, instituições). Esses atores evoluem em ambientes mais ou menos abertos, mais ou menos favoráveis à atitude de inovar. E quanto mais a inovação seja radical, maior será o grau de reatividade do ambiente social sobre o próprio destino do processo inovador.

As inovações maiores alimentam a dinâmica econômica, colocando-se na origem de mudanças estruturais que marcam a regulação econômica num longo período de tempo. A sua capacidade de gerar mutações industriais portadoras de novas atividades, de nova demanda e de novos empregos não é, todavia, nenhuma expressão de algum ciclo tecnológico necessário. Mesmo que a inovação afete necessariamente os ritmos de crescimento econômico, ao renovar os campos de oportunidade para o investimento

capitalista, *esses ritmos oscilantes de desempenho econômico refletem menos um suposto jogo necessário de ciclos tecnológicos longos, do que um universo social de natureza evolutiva, no qual se integram os próprios fatos econômicos.*

O número de inovações maiores é relativamente pequeno e, todas, exigem um intervalo bastante grande, em função dos contextos histórico e institucional, para que suas potencialidades possam impor-se. No exemplo do mercado de informática, o primeiro computador experimental apareceu durante a Segunda Guerra Mundial, mas o primeiro computador comercial só nasceu nos anos de 1970. Esse mercado expandiu-se, originalmente, com a microinformática, na década de 1980 e, em seguida, deu novo surto com a multimídia, na década de 1990. No entanto, os princípios científicos do computador já tinham sido explicitados na primeira metade do século XX, enquanto que as tecnologias informáticas foram desenvolvidas na segunda metade do mesmo século.

Mesmo que as inovações radicais possam potencialmente aparecer em grande número, somente uma parte delas pode dar lugar a novas atividades comerciais, pois a economia precisa de situações de estabilidade social e institucional para poder estimular o surgimento de trajetórias de crescimento sustentável, na base da exploração do conjunto das inovações menores contidas em algumas oportunas inovações maiores.

Referências bibliográficas

ARTHUR W.B., Competing technologies, increasing returns and locking by historical events, *The Economic Journal*, nº99, NY, 1989.

AYRES R., Technological transformations and long waves, *Technological forecasting and social change*, nº 37, 1990.

BENSOUSSAN C., *Innovation and market structure*, Ballinger, Cambridge, 1987.

BOAR, B.H., *The art of strategic planning for Information Technology*, John Wiley & Sons Inc, 2009.

BOYER R., *The regulation school*, Columbia University Press, New York, 1990.

CHRISTENSEN, C., The innovator's dilemma, *Harvard Business Press*, 1997.

DOSI, G., Sources, procedures and microeconomic effects of innovation, *Journal of Economic Literature*, vol. 26, n. 3, pp. 1085-1120, 1988.

GRANT E., *The Foundations of Modern Science in the Middle Ages: their religious, institutional, and intellectual contexts*, Cambridge: Cambridge Univ. Pr., 1996.

IMBERT G., Kondratieff's long cycles, *The Journal of Industrial Economics*, v. 65, nº2, 2009.

KRAFT K., KASSEL G., Are product and process innovation independent of each other? *Discussion Papers, Research Unit Industrial Policy*, 1987.

MORISHIMA, M., *Stability, equilibrium and growth*. Cambridge: Cambridge University Press, 1964.

NELSON, R. R., WINTER, S., *An evolutionary theory of economic change*, The Belknap Press of Harvard University, London, 1982.

ROSENBERG N., Science, innovation and economic growth, *Economic Journal*, v.84, 1974, pp. 90-108.

SCHUMPETER J.A., *The theory of economic development: an inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle*, Cambridge, MA: Harvard University Press, 1934.

SCHUMPETER J.A., Economic theory and entrepreneurial history, *Change and the Entrepreneur*, 1949.

VERNON, R. The product cycle hypothesis in a new international environment, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, v.10, n.4, pp.255-267, Oxford, 1979.

VON NEUMANN J., A model of general equilibrium. *Review of Economic Studies*, n.13, 1945.