

# Tecnologia, inovação, aprendizado e geração de conhecimento

César Stallbaum Conceição\*

A difusão do atual paradigma tecnológico, baseado nas tecnologias da informação e da comunicação, e o processo de globalização a ele associado têm sido acompanhados por um novo tipo de concorrência da economia mundial. Nessa nova configuração competitiva, o desenvolvimento de competências e o de capacidade de inovação são elementos fundamentais da concorrência dos diferentes atores, implicando novos desafios às formas tradicionais de formulação de política, de planejamento do Estado e das estratégias competitivas das firmas (PEREZ, 2010; VARGAS, 2002). Nesse contexto, pretende-se mostrar que as especificidades setoriais da tecnologia constituem determinantes importantes na compreensão de processos de aprendizado, de inovação e de geração de conhecimento em aglomerações produtivas de vários tipos. Embora existam especificidades locais associadas aos processos de cooperação e de aprendizado que não são captadas pelas abordagens setoriais, é fundamental compreender como a tecnologia evolui e como essa evolução condiciona a transformação das estruturas industriais e as formas de organização das firmas localizadas nos distintos territórios, *clusters* ou sistemas e arranjos produtivos. Dentro desse contexto, são definidos os conceitos de inovação e seus impactos sobre a dinâmica da evolução industrial, para auxiliar na interpretação do desenvolvimento de *clusters*, arranjos e sistemas produtivos e inovativos locais.

---

\* Bacharel em Ciências Econômicas. Mestre em Economia pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS) e Doutor em Economia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Atualmente é pesquisador na Fundação de Economia e Estatística (FEE).

CONCEIÇÃO, C. S.; FEIX, R. D. (Org.). **Elementos conceituais e referências teóricas para o estudo de Aglomerações Produtivas Locais**. Porto Alegre: FEE, 2014.

## Progresso tecnológico, inovação e transformação industrial

A visão comum do avanço tecnológico como resultado de uma coleção de elementos isolados e desconectados surgiu juntamente com a noção de contínuo progresso tecnológico global. Sob tal perspectiva, o desenvolvimento é concebido como um processo unidirecional cumulativo, em que o progresso é meramente uma questão de velocidade relativa do crescimento. “Sem dúvida, a velocidade é um fator importante, mas a história mostra que o êxito do desenvolvimento tem sido principalmente obtido mediante corridas para novas direções” (PEREZ; SOETE, 1988, p. 460, tradução nossa). Dentro desse contexto, Freeman e Perez (1988) apresentam uma taxonomia das inovações para compreender a forma como a tecnologia evolui e provoca as transformações das estruturas produtivas das economias numa perspectiva histórica. Nesse sentido, os autores fazem a distinção entre os processos de invenção, de inovação e de difusão tecnológica.

Em termos conceituais, a invenção deve ser definida como a primeira ocorrência de uma ideia de um novo produto ou processo, enquanto a inovação representa uma primeira tentativa de colocar essa ideia em prática. Dessa forma, enquanto a invenção de um novo produto ou processo ocorre no que se pode chamar de esfera “técnico-científica” e pode permanecer nessa esfera para sempre, a inovação é um fato econômico. Portanto, a primeira introdução comercial de uma inovação transfere a ideia da esfera científica para a esfera econômica, na qual seu futuro será decidido através de um processo de seleção entre os agentes no mercado. Em caso de falha, a inovação pode desaparecer; caso contrário, seu sucesso depende do grau de “apropriação” e de sua repercussão na competição ou em outras áreas da atividade econômica. Seu impacto pode alcançar um processo de adoção massiva, denominada difusão, transformando, assim, uma invenção original em um fenômeno socioeconômico.

As invenções ocorrem a todo momento, mas nem todas se tornam inovações, muito menos se difundem amplamente no sistema econômico. Para compreender essas diferenças e seus impactos na evolução do sistema econômico, Freeman e Perez (1988, p. 47)

distinguem as inovações em quatro tipos: inovação incremental, inovação radical, novos sistemas tecnológicos e mudanças de paradigma tecnoeconômico, ou revoluções tecnológicas. Conforme os autores, as inovações incrementais acontecem, de maneira mais ou menos contínua, em qualquer indústria ou atividade de serviços, embora com taxas desiguais entre indústrias e países, pois dependem da combinação da demanda, de fatores socioculturais, de oportunidades e de trajetórias tecnológicas. Essas inovações podem ocorrer não como resultado de atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D), mas por meio de invenções e aprimoramentos sugeridos por engenheiros e por outros atores engajados no processo de produção ou como resultado de iniciativas e propostas de usuários. As inovações incrementais são os sucessivos aperfeiçoamentos em produtos e processos existentes. Esse tipo de mudança está por trás do aumento geral da taxa de produtividade e determina a modificação gradual dos coeficientes da matriz de insumo-produto, mas não transforma sua estrutura. Ganhos de eficiência técnica, produtividade, precisão nos processos, mudanças para melhoria de qualidade dos produtos, redução de custos ou ampliação da variedade de usos são características da dinâmica evolutiva da tecnologia.

Lundvall (2010, p. 60) observa que, ao se considerar a existência de interações entre usuários e produtores, as inovações incrementais estão sempre ocorrendo. Os códigos e canais de desenvolvimento e de fluxo de informação devem ser flexíveis, de modo a considerarem mudanças nas oportunidades tecnológicas, bem como nas necessidades dos usuários. As relações estáveis entre produtores e usuários são desenvolvidas de modo a superar as incertezas em ambos os lados do mercado. Nesse caso, a determinante da direção da padronização é contraposta por mudanças na tecnologia. Como as informações são complexas e mutantes, não podem ser prontamente traduzidas e transferidas para os produtores através da comunicação e de fluxos de informação. Desse modo, a distância entre os agentes desempenha um papel importante, pois a proximidade com usuários avançados permite a obtenção de vantagens comparativas para os produtores e vice-versa. Nas pequenas economias abertas, é possível encontrar muitos exemplos de padrões de especialização, os quais refletem as vantagens comparativas baseadas na interação de

aproximação entre usuários e produtores competentes. Nessas indústrias, a interação resulta em um fortalecimento da posição no mercado internacional. Tais indústrias, frequentemente, ao formarem parte do complexo industrial nacional ou de *clusters*, tornam-se enraizadas no local, ou seja, a localização dá-se pelas vantagens comparativas obtidas pelas proximidades geográfica e cultural.

Por sua vez, as inovações radicais são definidas como eventos descontínuos e são o resultado deliberado das atividades de P&D das empresas, universidades e laboratórios de pesquisa públicos e privados. As inovações radicais são irregularmente distribuídas no tempo e entre os setores da economia.<sup>1</sup> Sua importância está relacionada ao potencial em acelerar o crescimento de novos mercados e o surgimento de novos investimentos capazes de induzir a uma expansão do crescimento. As inovações radicais podem envolver a combinação de inovação de produtos, de processos e organizacionais, como também o surgimento de novas indústrias e serviços (como, por exemplo, a indústria de materiais sintéticos e a de semicondutores).

Numa perspectiva sistêmica, Lundvall (1988, 2010) observa que a mudança radical na tecnologia faz com que se tornem inadequados os códigos desenvolvidos para comunicação de uma mudança tecnológica constante ou gradual. Aqueles produtores estabelecidos, ao seguirem uma dada trajetória tecnológica, terão dificuldades para avaliar o potencial do novo paradigma. Da mesma forma, os usuários terão dificuldades para compreender a comunicação que surge dos produtores, quando esses desenvolvem novos produtos em conformidade com o novo paradigma. Nesse caso, as proximidades geográfica e cultural podem desempenhar um papel ainda mais importante do que no caso das inovações incrementais. A falta de critérios para a escolha do melhor padrão e/ou paradigma revela que os elementos subjetivos nas relações entre produtores e usuários se tornam importantes. Em fase experimental, a falta de comunicação pode tornar necessária a realização de experimentos para os usuários potenciais. Nessa fase, a interação e a proximidade entre usuários e

---

<sup>1</sup> De acordo com Freeman e Perez (1988, p. 46, tradução nossa), “[...] não existiria maneira de o *nylon* emergir de uma sucessão de aperfeiçoamentos do processo de produção da seda ou do algodão”, nem mesmo a energia nuclear poderia surgir das inovações incrementais do uso do carvão ou do petróleo.

produtores podem ser necessárias para a comunicação das novas oportunidades tecnológicas e das necessidades dos usuários. O surgimento do Vale do Silício pode ser interpretado nesses termos. Um novo *cluster* de usuários e produtores pode não existir ou não estar enraizado no local *ex-ante* — pequenos acidentes podem determinar onde as primeiras unidades estão localizadas —, mas, *ex-post*, tornar-se-ão fortemente enraizados nas redes de relações de produtores e usuários, em âmbitos nacional e regional, dando a eles uma vantagem comparativa na competição nacional e na internacional.

O conceito de sistemas tecnológicos está relacionado às grandes mudanças na tecnologia, que afetam vários ramos da economia, gerando, inclusive, novos setores. Baseiam-se na combinação de inovações radicais e inovações incrementais, juntamente com as mudanças organizacionais ou administrativas que afetam mais de uma firma. Como exemplo, pode-se destacar o *cluster* de inovações de materiais sintéticos e da petroquímica.

Mudanças de paradigma tecnoeconômico ou revoluções tecnológicas são mudanças nos sistemas tecnológicos que têm grandes efeitos no comportamento de toda a economia. A principal importância desse tipo de mudança tecnológica é seu efeito em todos os setores da economia, causado não pela emergência de novas variedades de produtos, de serviços, de sistemas e de indústrias, mas pelo impacto direto ou indireto na maioria dos ramos da economia. A expressão “paradigma tecnoeconômico” implica mudanças que vão além das trajetórias de produtos e processos tecnológicos e afetam a estrutura de custos e as condições da produção e da distribuição de todo o sistema econômico.<sup>2</sup> Dentro dessa estrutura teórica, as consequências mais importantes de tais *clusters* tecnológicos são a tendência de ruptura das tradicionais redes de encadeamentos produtivos entre usuários e produtores e a constituição de uma base para novas relações entre produtores e usuários. Tal processo tem efeito sobre as corporações verticalmente integradas, bem como na organização dos mercados. Nesse sentido, as revoluções tecnológicas

---

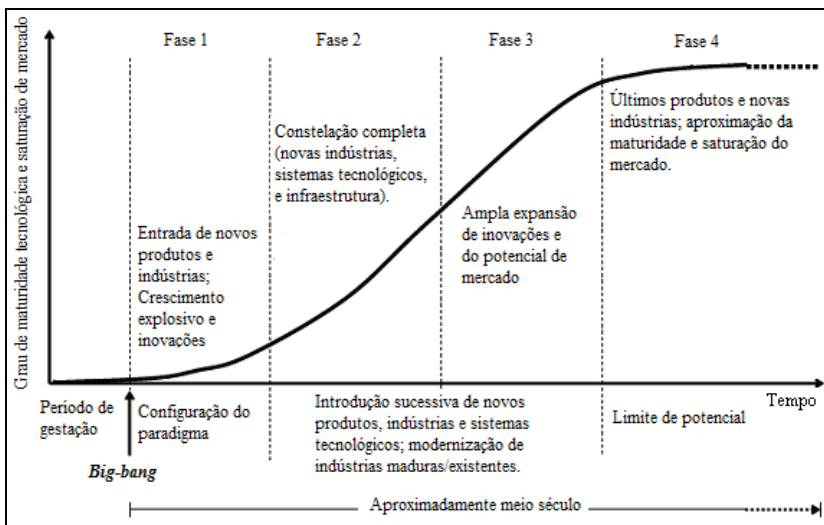
<sup>2</sup>Nesse ponto, é evidente a contribuição de Schumpeter sobre ciclos longos e “ondas de destruição criadora” como uma sucessão de paradigmas tecnoeconômicos associados às características da estrutura institucional, as quais emergem após um difícil processo de ajuste estrutural.

(como no caso da microeletrônica) têm um impacto profundo sobre a divisão espacial do trabalho (PEREZ; SOETE, 1988). As mudanças radicais na localização global da indústria (como as que estão ocorrendo, atualmente, em direção à Ásia) refletem esse mecanismo histórico da mudança tecnológica (LUNDVALL, 2010, p. 63).

Para Perez e Soete (1988), quando um produto ou processo é introduzido, surgem aperfeiçoamentos incrementais que reduzem seu custo de produção e aumentam sua qualidade, desempenho, rentabilidade e outros aspectos importantes para que o mercado continue expandindo-se. Tal processo segue o termo denominado por Nelson e Winter (1982) “trajetória natural” ou trajetória tecnológica de Dosi (1982). Assim, a trajetória das inovações incrementais, desde a introdução à maturidade de qualquer tecnologia particular, pode ser representada por uma curva logística de crescimento (em forma de “S”), ou seja, as inovações incrementais aumentam lentamente, aceleram e, finalmente, diminuem novamente. Essas mudanças contínuas estão relacionadas ao progresso ao longo da trajetória tecnológica definida por um paradigma tecnológico, enquanto as “descontinuidades estão associadas à emergência de novos paradigmas” (DOSI, 1982). Esse processo, que acontece, no âmbito das inovações individuais, em termos de regularidade do dinamismo e da direção da mudança técnica “[...] também ocorre em nível mesoeconômico, na relação com a evolução de todos os produtos de uma indústria e em relação ao conjunto de indústrias inter-relacionadas” (PEREZ, 2010, p. 187, tradução nossa). Essas noções e observações representam padrões que caracterizam a dinâmica da mudança tecnológica sobre a evolução industrial, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1

Ciclo de vida da revolução tecnológica



FONTES DOS DADOS BRUTOS: Perez (2010).

Dentro dessa perspectiva, a evolução da tecnologia tem impactos profundos no desenvolvimento de *clusters* e aglomerações produtivas. Novas tecnologias podem dar início ao surgimento de novos *clusters* industriais e criar novas oportunidades para o desenvolvimento futuro das firmas existentes. No entanto, podem resultar também na estagnação e no declínio das firmas. Nesse sentido, os padrões de desenvolvimento das regiões estão intimamente relacionados à emergência das novas tecnologias, ao processo de inovação e ao aprendizado tecnológico.

Em consequência da emergência das novas tecnologias, tem-se o surgimento de uma nova dinâmica territorial do desenvolvimento, seletiva e desigual entre países e regiões, que passa a dar forma a uma nova geografia produtiva internacional. A compreensão desse processo permite explicar as divergências de crescimento entre regiões, em que as regiões industriais tradicionais tendem a ingressar numa trajetória de estagnação e declínio, ao passo que novos espaços produtivos passam a expressar a nova dinâmica econômica através da geração, da utilização e da difusão de novas tecnologias.

# Inovação, aprendizado e geração de conhecimento em aglomerações, *clusters* e Arranjos Produtivos Locais (APLs)

Dentro da perspectiva evolucionária do surgimento dos *clusters* e das aglomerações produtivas, a ênfase principal é dada ao setor e às suas principais diferenças nos processos de inovação e de produção. Em particular, alguns elementos determinantes das aglomerações são específicos aos setores, conduzindo a distintos padrões de concentração. Portanto, as especificidades setoriais das aglomerações são a explicação básica das diferenças do processo de aprendizado tecnológico e organizacional. Essas diferenças, por sua vez, afetam a importância relativa de fenômenos como *spillover* (transbordamento) de conhecimento localizado, o próprio processo de aprendizado intra e interorganizacional, as complementaridades de conhecimento propiciadas pela mobilidade local de mão de obra e a exploração das atividades de inovação provocadas pela fusão de firmas e, de maneira geral, pelo nascimento de novas firmas.

Assim, uma importante linha de pesquisa que permite compreender a relação entre as aglomerações e *clusters* e os processos de inovação e de aprendizado tem sido desenvolvida em torno do conceito de sistemas de inovação (FREEMAN, 1987, 2008). As firmas não inovam de maneira isolada, mas, sim, como resultado de um processo coletivo com outras organizações, como universidades, agências de governo e instituições financeiras. Além disso, as empresas são fortemente moldadas pelo conjunto de instituições, como o regime de propriedade intelectual, políticas públicas, normas e comportamentos. Embora não seja inerente ao espaço, a ideia de interação entre diferentes atores, conjuntos de firmas, organizações e instituições envolvidas, em muitos casos, dá forma a um tipo de comunidade nacional, de modo a conferir significado ao conceito de sistemas nacionais de inovação (NELSON, 1993). Recentemente, essa abordagem tem avançado em outras direções. Por um lado, tem reconhecido que as fronteiras que definem o conjunto de atores e as interações relevantes podem ter uma dimensão regional, e, com isso, torna-se possível identificar diferentes sistemas regionais de inovação.



Por outro lado, tem-se sugerido que tanto os principais atores institucionais quanto os atores envolvidos estão conectados uns aos outros, podendo diferir significativamente entre as distintas indústrias, de modo que o sistema de inovação possua também uma dimensão setorial (MALERBA, 2004).

A partir da percepção de que as economias de aglomeração e os efeitos em rede (*network*) nas firmas atuam como principais variáveis na emergência, no crescimento e no sucesso de um *cluster* de inovação ou de inovadores, outras variáveis precisam ser consideradas. Apesar da diversidade de tradições teóricas e ferramentas utilizadas na análise dos *clusters*, arranjos e *networks* e da inovação — como a Economia Regional, Nova Geografia Econômica, análise de *networks*, Teoria Evolucionária, Sistemas de Inovação, abordagem das competências —, alguns elementos comuns importantes na compreensão do surgimento e do desenvolvimento dos *clusters* devem ser destacados. Nesse sentido, Breschi e Malerba (2007, p. 23, tradução nossa) destacam os seguintes:

- (1) processos de geração de conhecimento e de aprendizado de uma variedade de agentes distintos são elementos-chave no entendimento do surgimento, crescimento e transformação de um aglomerado (*cluster*);
- (2) a acumulação de competências dos atores (firmas e instituições) é um processo fundamental no crescimento e desenvolvimento do *cluster*;
- (3) as especificidades setoriais devem ser consideradas para a explicação das diferenças nas economias de aglomeração nos distintos locais. As diversas indústrias e serviços possuem diferentes padrões de aglomeração de firmas, dependendo das especificidades do regime tecnológico e dos sistemas setoriais de inovação;
- (4) características do mercado do trabalho e do surgimento de novas firmas são importantes elementos no desenvolvimento dos *clusters* e dos sistemas locais de produção;
- (5) importância das instituições locais, especialmente no funcionamento do mercado de trabalho e do conjunto de regras que governam as relações entre empresários e trabalhadores;
- (6) especialização internacional e encadeamentos de demanda são fundamentais para o crescimento dos *clusters*. Os *clusters* podem posicionar-se diferentemente, nos mercados internacionais, em termos setoriais, tecnológicos e de especialização de produtos. Essas diferenças afetam não apenas a organização

específica do aglomerado, devido às especificidades na base de conhecimento e dos processos de aprendizado, mas também seu desenvolvimento e sucesso.

Nesses termos, Breschi e Malerba (2007, p. 23, tradução nossa) observam que: “[...] a ligação com uma demanda grande e avançada e a complementaridade com os *clusters* existentes ou com líderes internacionais tendem a afetar positivamente o crescimento do *cluster*”. Por outro lado, a emergência do *cluster* através da competição com líderes existentes nos mesmos produtos e mercados nem sempre resulta no êxito do *cluster*, principalmente se estiver localizado em países menos desenvolvidos, pois

(7) os efeitos do contexto nacional sobre o *cluster* são significativos, ou seja, *clusters* estão enraizados (*embedded*) em sistemas nacionais específicos de inovação e de produção que diferem em termos de desenvolvimento, atores, estrutura, política governamental e instituições sociais e legais. Essas diferenças moldam o surgimento, o crescimento e a organização do *cluster* e/ou aglomerado;

(8) a emergência de instituições locais é muito importante nas fases iniciais de um aglomerado e pode ser fundamental para o seu crescimento e sucesso subsequente;

(9) a coevolução e a dependência da trajetória passada são fundamentais na explicação da emergência, do crescimento e das diferenças de *performances* entre aglomerados produtivos.

Portanto, é a dinâmica da interação de todas essas variáveis — conhecimento, tecnologia, estrutura de mercado, instituições, mercado de trabalho, arranjos sociais, vantagens de proximidade — que leva à emergência e ao dinamismo de determinadas aglomerações em regiões específicas. Esse processo de coevolução e de dependência da trajetória passada (*path dependence*) conduz a explicação das diferenças de crescimento e das dinâmicas específicas das aglomerações. Não existe uma receita única para o desenvolvimento dos *clusters* (e dos APLs). A política pública, nesse caso, “deve ser sensível ao ciclo de vida do *cluster*” e, portanto, diferir conforme seu estágio de desenvolvimento (Breschi; Malerba, 2007, p. 25). Nesse sentido, em estágios iniciais do ciclo de vida do *cluster*, a política pública tem que apoiar (e não dirigir) o seu desenvolvimento, ser voltada para o exterior nos estágios de maturidade e atuar de forma

criativa (*creatively destructive*) — a partir da percepção schumpeteriana de destruição criadora — em estágios de declínio do ciclo de vida das tecnologias e indústrias.

## Referências

BRESCHI, S.; MALERBA, F. (Ed.). **Clusters, networks e innovation**. Oxford: Oxford University Press, 2007.

DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. **Research Policy**, Amsterdam, n. 11, p. 147-162, 1982.

FREEMAN, C. **Technology policy and economic performance: lessons from Japan**. London: Pinter, 1987.

FREEMAN, C. **Systems of innovations: selected essays in evolutionary economics**. Cheltenham: Edward Elgar, 2008.

FREEMAN, C.; PEREZ, C. Structural crisis of adjustment: business cycles and investment behavior. In: DOSI, G. et al. (Ed.). **Technical change and economic theory**. London: Pinter, 1988. p. 38-66.

FREEMAN, C.; SOETE, L. **The economics of industrial innovation**. Cambridge: MIT, 1997.

LUNDVALL, B. Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the National System of Innovation. In: DOSI, G. et al. (Ed.). **Technical change and economic theory**. London: Pinter, 1988.

LUNDVALL, B. User-producer relationships. In: LUNDVALL, B. (Ed.). **National System of Innovation: toward a theory of innovation and interactive learning**. London: Athen, 2010.

MALERBA, F. **Sectoral systems of innovation: concepts, issues and analyses of six major sectors in Europe**. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.

NELSON, R. R. **National System of innovation: a comparative analysis**. Oxford: Oxford University Press, 1993.

NELSON, R. R.; WINTER, S. **An evolutionary theory of economic change**. Harvard: University Press, 1982.

PEREZ, C. Technological revolutions and techno-economic paradigms. **Cambridge Journal of Economics**, London, v. 34, p. 185-202, 2010.

PEREZ, C.; SOETE, L. Catching up in technology: entry barriers and windows of opportunity. In: DOSI, G. et al. **Technical change and economic theory**. London: Pinter, 1988.

VARGAS, M. A. **Proximidade territorial, aprendizado e inovação**: um estudo sobre a dimensão local dos processos de capacitação inovativa em arranjos e sistemas produtivos no Brasil. Rio de Janeiro: UFRJ/Instituto de Economia, 2002.

---

N. do E.: Revisão bibliográfica: Kátia Midori Hiwatashi

Revisão de Língua Portuguesa: Elen Jane Medeiros Azambuja

CONCEIÇÃO, C. S.; FEIX, R. D. (Org.). **Elementos conceituais e referências teóricas para o estudo de Aglomerações Produtivas Locais**. Porto Alegre: FEE, 2014.