

## O progresso tecnológico no capitalismo à luz da economia do aprendizado: considerações rumo a sociedade 5.0

Bruno Pacheco Heringer<sup>1</sup>

**Resumo:** O presente trabalho tenciona investigar o modo como as inovações tecnológicas no capitalismo hodierno devem ser entendidas no contexto de processos de aprendizado, caracterizando o predomínio do conhecimento como um fator de produção. A economia do aprendizado, enquanto campo de estudo da ciência econômica, é elaborada e conexões são estabelecidas para com uma nova forma social marcada pela onipresença das tecnologias da informação e comunicação, as quais seguem a revolução digital com vista ao aprimoramento do bem-estar humano, designada como 'Sociedade 5.0'.

**Palavras-chave:** Tecnologia; Inovação; Economia do Aprendizado; Sociedade 5.0; Capitalismo.

**Abstract:** The present work proposes to investigate how technological innovations in present day capitalism ought to be understood in the context of learning processes, highlighting the prevalence of knowledge as a factor of production. The economics of learning, as a field of study of economic science, is elaborated and links are established with a new social form characterized by the omnipresence of information and communication technologies, which follow upon the digital revolution aiming the improvement of human well-being, defined as 'Society 5.0'.

**Keywords:** Technology; Innovation; Economics of Learning; Society 5.0; Capitalism.

**JEL:** D83; O31; O33; P11.

### 1 Introdução

O sistema capitalista tem como um de seus principais marcos, como apontado por Schumpeter (1997, 2017), o deslocamento das estruturas econômicas e tecnológicas a partir da introdução de inovações empresariais disruptivas das rotinas de negócios, configurando ondas de novos produtos e processos que tornam obsoletos seus substitutos anteriores.

Essa literatura de inspiração schumpeteriana aponta que a dinâmica das economias reais tem na mudança técnica um de seus mais importantes determinantes, trazendo à tona que as firmas exigem estratégias diferenciadas visando apropriação de lucros extraordinários por atuarem em estruturas de mercado caracterizadas por concorrência imperfeita, permeadas por incerteza e cujas experiências acumuladas em suas operações condicionam desenvolvimentos técnicos ulteriores, na forma de trajetórias tecnológicas (NELSON; WINTER,

---

<sup>1</sup> Mestre em Economia no Programa de Estudos Pós-Graduados em Economia Política, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, Brasil.  
Email: [heringer.bruno@outlook.com](mailto:heringer.bruno@outlook.com)  
ORCID: 0000-0001-9254-2760

1982; DOSI, 1982; NELSON, 2005; ROSENBERG, 2006; FREEMAN; SOETE, 2008; DOSI; NELSON, 2018).

Nesse sentido, podem ser identificadas certas tendências no desenvolvimento tecnológico e suas repercussões, compreendidas nos termos da 'economia do aprendizado'. Este novo paradigma da ciência econômica, de inspiração schumpeteriana, foi desenvolvido desde meados dos anos 1980, tendo como principais autores identificados Bengt-Åke Lundvall e Björn Johnson, os quais elaboraram suas contribuições no grupo de pesquisa IKE (*Innovation, Knowledge and Economic Dynamics*) na Universidade Aalborg. Em linhas gerais, esse campo se ocupa das implicações econômicas dos processos de construção e reconstrução de capacitações que marcam o capitalismo contemporâneo, com destaque para os ganhos dinâmicos, de produtividade e inovativos, propiciados pelo conhecimento ao longo do processo de produção (*learning by doing*), uso (*learning by using*) e interação entre produtor e usuário (*learning by interacting*) (JOHNSON, 2011; LUNDVALL, 2016a, 2016b, 2016c, 2016d; LUNDVALL; JOHNSON, 2016).

Argumenta-se, neste trabalho, que este novo paradigma se intensifica no âmbito da denominada 'Sociedade 5.0', proposta pelo governo japonês em 2016 e caracterizada pelo elevado estágio de desenvolvimento econômico e social propiciado pela fusão entre ciberespaço e espaço físico (DEGUCHI; KAMIMURA, 2020; DEGUCHI *et al.*, 2020a).

Conseqüentemente, procedeu-se com pesquisa exploratória da bibliografia relevante em perspectiva schumpeteriana, tendo em vista melhor compreensão da dinâmica do capitalismo sustentada pelos processos de aprendizado, tanto individualmente quanto interativamente, ainda sugerindo seu enquadramento no conceito de Sociedade 5.0 como sua nova fase, impulsionado pelas exigências recorrentes de recapacitação em termos do conhecimento dos agentes nela envolvidos.

Este artigo está dividido em cinco seções, incluindo esta introdução. A segunda seção elaborará considerações econômicas acerca da mudança tecnológica, tendo em vista sua dimensão disruptiva, a partir de um referencial schumpeteriano. A terceira seção elabora o conceito de 'economia do aprendizado', suas principais categorias de análise e conseqüências sobre o processo inovativo. Na quarta seção, aponta-se como as novas tecnologias representadas pela quarta revolução tecnológica são incorporadas em um contexto de aprendizado na assim denominada 'Sociedade 5.0', destacando a dimensão social do processo inovativo nesta. Nas considerações finais, retomamos os principais pontos elencados no artigo, destacando a importância de deslocarmos o foco da ciência econômica de análises estáticas de recursos escassos para uma análise dinâmica que engloba os processos disruptivos de aprendizado culminantes na Sociedade 5.0.

## 2 O processo capitalista como progresso tecnológico

As sociedades capitalistas contemporâneas são caracterizadas pelos elevados padrões de vida se comparadas às sociedades que lhe antecederam. No entanto, os motivos elencados para justificar a melhoria no bem-estar não devem se reduzir a análises de eficiência alocativa estática, posto que as economias capitalistas não se reduzem às trocas de mercado em contexto de escassez, como contemplam processos no âmbito da esfera da produção. Isso equivale a dizer que a raiz da elevação nos padrões de vida deve ser identificada na mudança tecnológica que suscita padrões de crescimento disruptivos/desequilibradores.

Isto é, uma economia capitalista não pode ser entendida como apenas a operação de mecanismos que asseguram, via preços relativos, a satisfação dos demandantes, ou como um processo *equilibrador* de arbitragem de ganhos. Mais do que isso, o capitalismo é um modo de produção ou organização econômica caracterizado pelos *desequilíbrios* gerados endogenamente na esfera da produção, tomando forma nas inovações.

Essa percepção é sugerida por Rosenberg (2006a, p. 19):

As sociedades industrializadas do Ocidente desfrutam atualmente de um bem-estar material de nível superior, não simplesmente porque consomem maiores quantidades *per capita* dos bens disponíveis, digamos, ao final das guerras napoleônicas, mas pelo fato de terem à sua disposição formas inteiramente novas de transporte rápido, de comunicações instantâneas, poderosas fontes de energia, medicamentos que reduzem a dor e salvam vidas, e um estonteante rol de bens inteiramente novos com os quais sequer se sonhava cento e cinquenta ou duzentos anos atrás.

Em todo caso, o fundamental é notar a função cumprida pelas inovações. Uma inovação é distinguida de uma mera invenção na medida em que não se apenas elabora uma ideia acerca de um novo produto ou processo, como também se *comercializa* aquela ideia (DOSI, 1982). É possível ainda distinguir conceitualmente entre inovações de produto (novos bens) e inovações de processo (novos processos que reduzem custos unitários), apesar de, na prática, a identificação admitir alguma ambiguidade, pois a depender da perspectiva ser do fornecedor ou usuário poderá ser considerada em um ou outro caso (ROSENBERG, 2006a).

A definição de 'tecnologia' utilizada não corresponde a uma simples fronteira de possibilidades de produção, optando pela definição de Dosi (1982) em que uma tecnologia é constituída por conjuntos de conhecimentos de caráter teórico e prático, voltados ao diagnóstico e resolução de problemas considerados relevantes. Anteciparemos algo elaborado adiante, levantado por Rosenberg (2006a), para quem que o progresso técnico<sup>2</sup> está intimamente associado ao conhecimento necessário para ensejar maior volume produzido e/ou bens de qualidade diferenciada.

---

<sup>2</sup> Empregaremos os termos 'progresso tecnológico', 'progresso técnico', 'mudança tecnológica' e 'mudança técnica' como sinônimos.

Uma vez que o processo inovativo envolve uma complexa coordenação entre diferentes agentes, é preciso entender suas causas. Se nos detivermos em uma perspectiva linear das inovações, podemos indicar dois grandes grupos de explicações para o processo inovativo, quais sejam, a leitura *demand-pull*<sup>3</sup> em que a demanda de mercados (consumidores) engendra as inovações, enquanto a alternativa *technology-push*<sup>4</sup> ressalta a aplicação sistemática de métodos científicos visando inovações através de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) (DOSI, 1982).

Os dois modelos, aproximando um de fatores de demanda e outro dos de oferta, entretanto, constituem perspectivas excessivamente reducionistas, levando a uma distorção das verdadeiras causas por trás dos processos inovativos. Em verdade, devemos adotar uma abordagem que contemple pluralidade de elementos por trás das inovações, pois que as “teorias de estímulo de demanda e empuxo tecnológico deixam de fazê-lo” (DOSI, 1982, p. 151, tradução nossa). Freeman e Soete (2008), sugerem, assim, que o processo inovativo envolva atividade interativa ou bilateral, onde é preciso ter em conta tanto as necessidades a serem atendidas do mercado potencial quanto conhecimentos científicos e tecnológicos<sup>5</sup>.

Em todo caso, pode haver barreiras a correta implementação de tais inovações, podendo ser entendidas na ideia de ‘oportunidades tecnológicas’, estas sendo condicionadas por três fatores: conhecimento científico no sentido estrito, o processo de aprendizado associado ao uso recorrente de certa tecnologia e o conjunto de recursos e equipamentos disponíveis (DOSI; NELSON, 2018).

É possível ainda organizar os elementos em comum que correspondem a um conjunto de tecnologias, nos termos de um ‘paradigma tecnológico’. Este pode ser definido como um “‘modelo’ e um ‘padrão’ de solução de problemas tecnológicos selecionados, baseado em princípios selecionados derivados das ciências naturais e sobre tecnologias materiais selecionadas” (DOSI, 1982, p. 152, tradução nossa, grifo do autor). Cimoli, Dosi e Yu (2020) elaboram três características fundamentais desse conceito: um paradigma tecnológico não é apenas uma manifestação visível de certas ideias, como também conhecimentos tácitos; envolve uma heurística sobre as formas adequadas de ação naquele paradigma; e pressupõe um artefato ou modelo básico que serve de marco àquele paradigma, e que é continuamente aprimorado<sup>6</sup>.

<sup>3</sup> Pode ser traduzido como “estímulo de demanda”.

<sup>4</sup> Pode ser traduzido como “empuxo tecnológico”.

<sup>5</sup> Sobre o lado da demanda, se por um lado não pode ser exagerado, por outro esse estímulo de demanda pode surgir “de firmas privadas, do governo ou de consumidores domésticos, mas, na sua ausência, por maior que seja o fluxo de invenções, elas não poderão ser convertidas em inovações” (FREEMAN; SOETE, 2008, p. 346). Sobre o lado da oferta, é preciso ter em mente que invenções tecnicamente viáveis não necessariamente se tornam inovações, isto é, viáveis comercialmente: “Os entusiasmados cientistas-inventores ou engenheiros que negligenciam os requisitos específicos do mercado potencial ou os custos de seus produtos em relação ao mercado têm grande probabilidade de fracassarem como inovadores” (FREEMAN; SOETE, 2008, p. 349).

<sup>6</sup> O terceiro elemento, artefato ou modelo básico, remete ao conceito, citado por Dosi e Nelson (2018), de ‘design dominante’, identificando um padrão mais ou menos estreito para seu desenvolvimento futuro, nos termos de uma trajetória tecnológica.

Nesse sentido, uma 'trajetória tecnológica' é definida como "o padrão 'normal' de atividades voltadas a solução de problemas (i.e. do 'progresso') fundado em um paradigma tecnológico" (DOSI, 1982, p. 152, tradução nossa). Também Cimoli, Dosi e Yu (2020) elaboram em três pontos as características das trajetórias tecnológicas: paradigmas direcionam a mudança tecnológica, tanto sua velocidade quanto sua direção; padrões podem ser identificados para a mudança tecnológica, os quais são rompidos com a mudança de paradigma; e mudança técnica é ensejada, em parte, pelos desequilíbrios gerados por ela mesma.

Tais conceitos serão retomados na quarta seção. Na discussão que segue, tomaremos três grandes características do progresso tecnológico e inovativo apontadas por Rosenberg (2006b): complementaridade, pequenos melhoramentos e relacionamentos intersetoriais.

A complementaridade tecnológica sinaliza que as vantagens de novas tecnologias dificilmente são verificadas de maneira isolada, pois tanto a introdução de uma inovação pode exigir tecnologias complementares que a possibilitem existir, quanto a exploração de maiores ganhos de produtividade podem depender das mesmas complementaridades (ROSENBERG, 2006b). As barreiras potenciais às inovações, assim, podem ser resumidas:

Antes de os benefícios do aumento na produtividade de qualquer descoberta individual poderem ser realizados, muitas outras acomodações precisam ser feitas. A expansão de uma atividade produtiva se depara com uma série de novas restrições ou gargalos (ROSENBERG, 1972, p. 21, tradução nossa).

Essa primeira característica do progresso tecnológico, tomando Dosi e Nelson (2018), está intimamente associada à ideia de 'reverso saliente', correspondendo a uma restrição à inovação em virtude de ausência ou imperfeição em determinados componentes.

A segunda característica diz respeito às inovações poderem ser subdivididas em inovações radicais e inovações incrementais (LIPSEY; CARLAW; BEKAR, 2005). Se usualmente nos voltamos para as disrupções ocasionadas por revoluções tecnológicas, por outro lado devemos atentar para o papel dos aprimoramentos graduais efetuados sobre as inovações originais (ROSENBERG, 2006b)<sup>7</sup>. Isso pode ser elaborado de maneira mais detida:

[...] os aperfeiçoamentos tecnológicos não penetram a estrutura econômica somente pela entrada principal, como quando assumem a forma extremamente visível de grandes saltos tecnológicos patenteáveis, mas também utilizam inúmeras entradas menos visíveis nos fundos e pelos lados, onde sua chegada é discreta, não anunciada, não observada, e não celebrada (ROSENBERG, 2006b, p. 97).

A terceira característica elabora sobre os efeitos inesperados da introdução de novos produtos e processos na economia como um todo. De fato, não apenas as economias externas decorrentes de inovações propiciam ganhos de produtividade para setores

<sup>7</sup> Para exemplificar esse elemento incremental das inovações, há um estudo feito por John Enos em 1958, conforme citado por Rosenberg (2006b, 1972), em que se estimou as reduções anuais médias em custo de quatro processos introduzidos no refino de petróleo (craqueamento térmico, polimerização, craqueamento catalítico e reforma catalítica) cada um dos quais separados em duas fases *alfa* e *beta*, correspondendo a sua introdução inicial e a fase seguinte os aprimoramentos incrementais, constatando reduções de custo de 1,5% e 4,5% respectivamente. Isto é, mais importante do que a inovação inicial, as inovações incrementais é que são as principais responsáveis pela qualidade (e quantidade) superior dos novos produtos e processos.

diferentes daqueles nos quais foram introduzidas, como também novos tipos de produtos são gerados a partir de reflexos de tecnologias com finalidades a princípio distintas (ROSENBERG, 2006b).

Do ponto de vista econômico, pode-se elencar uma série de questionamentos acerca do progresso técnico e inovações, como seu ritmo<sup>8</sup> e direção<sup>9</sup>. De fato, pode-se elencar três estágios do progresso tecnológico: invenção, onde uma nova tecnologia é concebida e gerada; inovação, correspondendo a comercialização daquela invenção; e difusão das invenções e inovações (LIPSEY; CARLAW; BEKAR, 2005).

Porém, conforme vamos retomar na quarta seção, a centralidade da 'difusão' das inovações indicada por Nathan Rosenberg é fundamental. Pois ao invés de constituir apenas um período em que uma inovação atinge diferentes atividades, setores e agentes, a difusão corresponde também a modificações e incrementos na inovação original<sup>10</sup> (ROSENBERG, 1972).

A discussão feita por Rosenberg (1972) permite identificar sete determinantes da difusão de inovações<sup>11</sup>: a possibilidade de novas tecnologias trazerem imperfeições nos produtos; inovações cumulativas ou incrementais que aprimoram o modelo inicial; incertezas quanto às consequências técnicas e econômicas da adoção da inovação; aptidões necessárias tanto para usar as novas tecnologias quanto para criá-las; processo de aprendizado que propicia inovações incrementais sobre o modelo inicial; componentes e tecnologias complementares para melhor uso da inovação; e aprimoramento das velhas tecnologias.

Em particular, ao se tomar os pontos acerca das aptidões exigidas e do papel do aprendizado no decorrer da produção, nota-se uma peculiaridade. Esta peculiaridade pode ser vista em Dowbor (2020) e Johnson (2011) ao se referirem ao deslocamento do eixo produtivo do capitalismo com o crescente predomínio do elemento imaterial nos processos produtivos, ou seja, que o conhecimento estaria se tornando o principal recurso produtivo.

Pontuaremos aqui algo que será retomado na seção seguinte acerca desse deslocamento do eixo de acumulação capitalista. Tal processo possui íntima relação com o que se entende por revolução digital e suas consequências em termos de potencial integração socioeconômica, derrubando as barreiras geográficas que outrora prevaleceram, podendo ser explicado nos seguintes termos:

---

<sup>8</sup> Para uma revisão de trabalhos e autores acerca de determinantes do ritmo da mudança técnica (como instituições, religião e ciência), ver Rosenberg (2006a).

<sup>9</sup> A direção da mudança tecnológica se refere ao tipo de alteração resultante, Malerba (1992) elencando cinco direções: aumento na produtividade de um dado processo; modificações em insumo e materiais; modificações na escala e organização da produção; diferenciação horizontal do produto; e diferenciação vertical do produto.

<sup>10</sup> A fecundidade da ideia de difusão pode ser vista quando Furtado (2016), qualificando a teoria do empresário em Schumpeter, aponta que não é a inovação em si como sua propagação pelo sistema econômico o que explica o desenvolvimento.

<sup>11</sup> Naturalmente, a depender do caso, tais determinantes podem tanto propiciar quanto impedir a difusão de inovações.

Com a revolução digital — que envolve uma expansão radical das tecnologias, bem como a generalização da economia imaterial, a conectividade global, o dinheiro virtual e o trabalho precário —, a própria base da sociedade capitalista se desloca (DOWBOR, 2022, p. 9).

Nesse sentido, o conhecimento enquanto fator de produção tem peculiaridade *vis-à-vis* os fatores tangíveis, pois “seus elementos não são escassos no sentido tradicional: *quanto mais as habilidades e competências são utilizadas, mais se desenvolvem*” (LUNDVALL, 2016a, p. 142, tradução nossa, grifo nosso). E o papel do conhecimento para os processos inovativos é ressaltado:

A incorporação dos conhecimentos codificados a bens materiais tem caracterizado o desempenho dramaticamente melhorado de muitos novos bens de capital e de consumo, incluindo muitos novos dispositivos eletrônicos de informação e comunicação (FREEMAN; SOETE, 2008, p. 691).

A questão, assim, reside em como entender o novo eixo estruturante das relações produtivas contemporâneas, e como se concatena à problemática das inovações tecnológicas. Mais especificamente, percebe-se que adentramos uma economia do aprendizado, com todas as suas implicações.

### **3 A economia do aprendizado como novo paradigma**

Constata-se que o conhecimento constitui o marco do capitalismo contemporâneo, e a busca de novas formas de apreendê-lo sublinha o salto qualitativo pelo qual passamos. Essa transição das economias contemporâneas é vista no crescimento dos setores intensivos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e trabalhadores de alta qualificação, com ênfase no segundo no tocante a aceleração das mudanças econômicas sofridas (LUNDVALL, 2016a).

Johnson (2011) e Lundvall e Johnson (2016) reforçam que o papel econômico do conhecimento não é exclusivo de nosso tempo, pois outras formas pré-capitalistas de produção já o contemplavam, e o que há de diferença específica do capitalismo contemporâneo reside no grau em que ocorre recorrente necessidade de se adquirir novas aptidões. Esse processo de aprendizado em que certas habilidades são tornadas obsoletas pode ser explicado mais detidamente:

A principal razão para se favorecer o conceito de economia do aprendizado sobre os regimes econômicos professados como a economia da informação ou a economia do conhecimento é que esclarece que o que mais importa para o sucesso econômico na economia globalizada moderna é a capacidade dinâmica dos agentes aprenderem novas competências e habilidades e abandonarem as velhas (COTSOMITIS, 2018, p. 494, tradução nossa).

Nesse sentido, indica-se a centralidade do conceito de ‘economia do aprendizado’ no capitalismo contemporâneo. Ele pode ser assim definido:

A economia do aprendizado é um conceito dinâmico; ela envolve a capacidade de aprender e expandir a base de conhecimento. Ela se refere não apenas a importância dos sistemas de ciência e tecnologia — universidades, organizações de pesquisa, departamentos internos de P&D e assim sucessivamente — como também às implicações de aprendizagem da estrutura econômica, das formas organizacionais e do arcabouço institucional (LUNDVALL; JOHNSON, 2016, p. 111, tradução nossa).

Assim, deve ser enfatizada uma consequência que o processo de aprendizado tem sobre o processo inovativo. Se o aprendizado é marcado pela obtenção de novas capacitações e habilidades, nem por isso o conhecimento seria uma variável estoque, como se novo conhecimento se agregasse ao conhecimento já existente. Pelo contrário, frequentemente o que ocorre é a *recombinação* do conhecimento existente, sendo mais bem visualizado como variável fluxo.

Como resultado, Lundvall e Johnson (2016) introduzem uma versão modificada do conceito schumpeteriano de *destruição criativa* na economia do aprendizado, em que o novo conhecimento apreendido exige e suscita o esquecimento/obsolescência de certos conhecimentos existentes. Esse processo, no entanto, engendra impactos positivos, pois “algum tipo de destruição criativa de conhecimento é necessário de modo a possibilitar que inovações radicais se difundam pela economia”<sup>12</sup> (LUNDVALL; JOHNSON, 2016, p. 119, tradução nossa).

É preciso reforçar ainda que tal abordagem serve como alternativa a economia neoclássica, podendo ser destacados três pontos dentre os elencados por Lundvall (2016b)<sup>13</sup>: escassez deixa de ser problema relevante ao considerarmos o conhecimento como fator; competição pode ser complementada por cooperação, estimulando mudança tecnológica; e o aprendizado é socialmente construído. Nesse sentido, o conceito de economia do aprendizado<sup>14</sup> apontaria para duas direções: instrumento heurístico que salienta o papel do conhecimento e sua geração; e indica as transformações recorrentes por que passa o capitalismo (JOHNSON, 2011).

Este segundo ponto é particularmente relevante pois, conforme constata Cotsomitis (2018), a competição característica da economia do aprendizado estimula a redução de custos para o escopo ao invés de apenas para a escala, isto é, se refere a necessidade de se elevar produtividade para conjuntos de bens e serviços de qualidade diferenciada, além de exigir nova governança na forma de redes de firmas cooperativas com estruturas menos hierárquicas de tomada de decisão. De fato, é a complexidade cada vez maior atrelada a natureza sistêmica das tecnologias que engendrou uma mudança no padrão inovativo, transitando dos inventores-empresários do séc. XIX e das grandes unidades produtivas com seus departamentos de P&D no séc. XX para sistemas cooperativos em rede do séc. XXI (FREEMAN; SOETE, 2008).

Apesar de ser possível traçar um escopo mais amplo, Lundvall (2016a) destaca três tipos de processos de aprendizado: aprendizagem pela prática (*learning by doing*),

<sup>12</sup> Um interessante aspecto das inovações que foi salientado por Rosenberg (2006a) reside no fato de o progresso tecnológico ser um produto social e não de indivíduos singulares, percepção esta que ele atribui a Marx em contraste com a leitura de Schumpeter.

<sup>13</sup> Para listagem dos dez pontos que contrastam a economia do aprendizado a neoclássica, ver Lundvall (2016b).

<sup>14</sup> Apesar da notoriedade do aprendizado, a economia do aprendizado contempla três atividades: aprendizado, esquecimento e lembrança (LUNDVALL; JOHNSON, 2016). Isso decorre da necessidade de o conhecimento apreendido necessitar ser frequentemente lembrado, de modo a não ser esquecido.

aprendizagem pelo uso (*learning by using*) e aprendizagem pela interação (*learning by interacting*)<sup>15</sup>. Cabe salientar que os três tipos de aprendizado indicados têm a ver com processos não deliberados, isto é, aprendizado como consequência da atividade produtiva ou de uso, diferindo dos conhecimentos adquiridos de maneira deliberada e que envolvem treinamento, P&D e pesquisas de mercado (LUNDVALL; JOHNSON, 2016).

A aprendizagem pela prática (*learning by doing*) é um processo de aprendizado construído ao longo do processo de produção, e envolve não apenas a redução de custos unitários como função do número de unidades produzidas<sup>16</sup>, como também contempla inovações desenvolvidas com a consolidação da experiência das características daquele processo produtivo (FORAY, 2004; ROSENBERG, 2006c). Ela é característica dos produtores engajados no processo produtivo: "Essa é uma forma de aprendizagem que ocorre no estágio da produção industrial, depois que o produto foi projetado [...]" (ROSENBERG, 2006c, p. 187).

Já o processo de aprendizagem pelo uso (*learning by using*) ocorre do lado dos usuários dos bens e serviços prestados, onde a experiência consolidada durante o uso propicia conhecimentos adquiridos que possibilita otimizar o uso daquela tecnologia sem ou com modificações pouco relevantes (conhecimento não incorporado) ou mesmo conhecimentos que ensejem modificações relevantes na tecnologia adquirida e experimentada pelo usuário (conhecimento incorporado)<sup>17</sup> (FORAY, 2004; ROSENBERG, 2006c). Considerando estes dois primeiros processos de aprendizado, portanto, é possível dizer que "a economia como um todo, incluindo suas esferas de produção e consumo, está 'aprendendo pela prática' e 'aprendendo pelo uso'" (LUNDVALL; JOHNSON, 2016, p. 110, tradução nossa).

O terceiro tipo de processo de aprendizagem, ou aprendizagem pela interação (*learning by interacting*), decorre da interação entre usuário e produtor. Esta interação é resultado da necessidade, em uma economia capitalista, de os produtores deterem tanto conhecimento técnico quanto conhecimento acerca das necessidades dos usuários em potencial (LUNDVALL, 2016c). Há que se notar com Santos (2005) a dupla acepção desse processo de aprendizagem, o qual pode ocorrer dentro dos departamentos de uma firma ou entre agentes em diferentes etapas do processo produtivo.

Lundvall (2016d) esclarece que essa interação entre usuários e produtores pode se dar de três formas: troca de produtos, troca de informação e cooperação. Destaca-se a

<sup>15</sup> Malerba (1992) chega a elencar seis processos, três dos quais mencionados no texto, os outros sendo aprendizagem pela adoção de novos conhecimentos científicos e tecnológicos externos à firma, aprendizagem por *spillover* intersetorial e aprendizagem pela busca (*learning by searching*) com esforço interno de P&D.

<sup>16</sup> Foray (2004) salienta que essa redução paulatina nos custos de produção como decorrência do aprendizado pela prática tem origem no 'Efeito Horndal'. Este efeito foi descoberto em 1961 quando se notou, em siderurgia de aço em Horndal na Suécia, que ao longo de período de quinze anos houve um aumento na produtividade média do trabalho anual em 2%, mesmo sem que houvesse mudanças tecnológicas observadas (ROSENBERG, 1972).

<sup>17</sup> Para uma descrição do processo de aprendizagem pelo uso na indústria de aviação, ver também Rosenberg (2006c). Cabe também salientar que o processo mesmo de *learning by using* estimula a difusão das inovações, pois "os melhoramentos incluídos na aprendizagem pelo uso têm um papel importante na decisão de adotar novas tecnologias" (ROSENBERG, 2006c, p. 213).

relevância das duas últimas formas, uma vez que dizem respeito a um tipo de relação econômica diferenciada da mera intermediação pelo mercado. O que ocorre é a necessidade de usuários e produtores engajarem em troca de informações, por um lado com monitoramento de eventuais inovações e necessidades dos usuários por parte dos produtores em busca de oportunidades, e por outro com o monitoramento dos produtores por parte dos usuários em busca de inovações geradas e resolução de problemas internos, além do engajamento em cooperação estreita entre ambos no sentido de implementarem uma inovação e obtenção de treinamento para uso adequado da inovação<sup>18</sup> (LUNDVALL, 2016d).

Nesse sentido, a economia do aprendizado, e em particular através do conceito de aprendizagem pela interação, permite superar a dicotomia entre as leituras lineares do processo inovativo nas formas *demand-pull* e *technology-push*. O contraste entre as leituras lineares com aquela da aprendizagem pela interação é feito por Lundvall (2016d, p. 48, tradução nossa):

As duas abordagens podem ser acusadas de tratarem o sistema de produção como uma caixa-preta. [...] Uma abordagem usuário-produtor pode ser vista como aquela que revela o conteúdo da caixa-preta. A rede de relações usuário-produtor transmite sinais do topo para a base e vice-versa.

Ainda seria possível sublinhar quais formas institucionais constituem barreiras ao processo inovativo. Em um extremo reside o mercado de concorrência perfeita, no qual as decisões econômicas são tomadas em contexto descentralizado amparado pelo movimento dos preços relativos, porém, esse modelo impossibilita a ocorrência tanto de inovação quanto do aprendizado envolvido, uma vez que as informações *qualitativas* necessárias para que usuários e produtores interajam de maneira inovativa não seriam apreendidas (JOHNSON, 2011; LUNDVALL; JOHNSON, 2016; LUNDVALL, 2016c, 2016d).

O extremo oposto está em economia centralizada onde impera a integração vertical das unidades produtivas e usuárias, sendo igualmente hostil ao processo inovativo e de aprendizado, pois a tomada de decisão ocorre em ambiente rígido de estruturas hierárquicas e independentes do sistema de preços (LUNDVALL; JOHNSON, 2016; LUNDVALL, 2016c).

Assim, a economia do aprendizado apontaria para modelos econômicos que evitem extremos centralistas e descentralistas: “A economia de aprendizado nem é uma economia de mercado pura nem uma economia planejada pura; é uma *economia mista* no sentido fundamental do termo” (LUNDVALL; JOHNSON, 2016, p. 119, tradução nossa, grifo nosso).

Por economia mista Lundvall e Johnson (2016) entendem economias de mercado dotadas de mecanismos que propiciem a transmissão de informações e cooperação direta entre usuários e produtores, na forma dos ‘mercados organizados’. Estes correspondem a

<sup>18</sup> Colocando de outra forma, a abordagem da relação usuário-produtor, e com ela o aprendizado pela interação, “coloca mais ênfase na *qualidade da demanda* do que na demanda como uma variável quantitativa” (LUNDVALL, 2016c, p. 70, tradução nossa, grifo do autor).

arranjos que combinam os benefícios do mercado puro e da integração vertical pura no contexto da relação entre usuário e produtor, propiciando ambiente favorável às inovações.

#### 4 Progresso tecnológico e aprendizado no contexto da sociedade 5.0

As considerações dispostas permitem dizer que a economia do aprendizado, ao repercutir a categoria do aprendizado enquanto processo de construção de conhecimentos, engendra mudanças profundas e recorrentes na estrutura socioeconômica. Tais mudanças são aceleradas no ambiente hodierno da revolução digital, no qual vigoram as Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), especialização flexível e a exigência de inovações incrementais de caráter contínuo mediante aprendizagem pela interação (LUNDVALL; JOHNSON, 2016).

Focando-se no caso das TICs<sup>19</sup>, é preciso sublinhar seu papel como tecnologias de propósito geral (TPGs)<sup>20</sup>. As TPGs correspondem, em linhas gerais, a tecnologias que possuem impactos consideráveis sobre o sistema econômico<sup>21</sup>. Lipsey, Carlaw e Bekar (2005) salientam que elas correspondem a tecnologias genéricas, podendo ser produtos, processos ou organizações, cuja evolução é endógena, sobremaneira, a forças econômicas, e cuja principal manifestação se dá quanto a mudanças de uso e não quanto a natureza tecnológica<sup>22</sup>. Pode-se elaborar mais a fundo que as TPGs exigem quatro características para que existam: elevado escopo para seu aprimoramento; elevado alcance de uso<sup>23</sup>; elevada variedade de uso<sup>24</sup>; e efeito de derramamento (*spillover*) sobre outros setores<sup>25</sup> (LIPSEY; CARLAW; BEKAR, 2005).

De maneira imediata, as TICs propiciam a incorporação de conhecimentos codificados em bens, assim como a transmissão desses conhecimentos na forma de informações, porém, os conhecimentos tácitos não deixam de existir pela facilidade em codificá-los, pois novas atividades econômicas propiciadas pelas TICs requerem certas aptidões de difícil articulação/expressão (FREEMAN; SOETE, 2008). O processo de aprendizado pode ser entendido de maneira integrada aos dois tipos de conhecimento:

[...] movimento espiral pelo qual o conhecimento tácito é transformado em conhecimento codificado, seguido por um movimento inverso pelo qual novos tipos de conhecimento tácito são desenvolvidos em íntima interação com as novas parcelas do

<sup>19</sup> As TICs constituem uma extensão das tecnologias da informação, com ênfase no armazenamento e transmissão de dados (ZHONG *et al.*, 2017). Limbu, Jayachandran e Babin (2014, p. 1237, tradução nossa) citam como TICs "tecnologias de computação e comunicação, plataformas e bases de dados técnicas compartilháveis, tecnologias de redes, mídias de transmissão, e processamento e transmissão de áudio e vídeo".

<sup>20</sup> Traduzido do termo *General Purpose Technologies* (GPTs).

<sup>21</sup> Jovanovic e Rousseau (2005) citam como exemplos de TPGs o vapor, eletricidade, combustão interna e tecnologias da informação.

<sup>22</sup> Sobre esse ponto da mudança quanto ao uso e não a tecnologia em si, Lipsey, Carlaw e Bekar (2005) exemplificam com o caso do navio a vapor, cuja TPG embutida é o motor a vapor, o qual, se bem que existindo então há mais de dois séculos, foi apenas inserido em navios muito tempo depois de sua criação.

<sup>23</sup> Se refere ao número de setores que aplicam de alguma forma tal tecnologia de produto, processo ou organização.

<sup>24</sup> Se refere ao número de finalidades/objetivos para as quais pode ser utilizada.

<sup>25</sup> Sobre o efeito de *spillover*, Lipsey, Carlaw e Bekar (2005) especificam se tratar de efeito de complementaridade que repercute sobre outros setores, podendo se manifestar em dois tipos de derramamento ou complementaridade: Hicksiana, ou o efeito sobre demanda de outros insumos decorrentes de uma certa tecnologia; e tecnológica, ao ensejar mudanças em tecnologias existentes ou criar oportunidades para novas tecnologias.






conhecimento codificado. Esse movimento espiral está na própria essência da aprendizagem individual e organizacional (FREEMAN; SOETE, 2008, p. 692).

É necessário tecer algumas considerações acerca do exposto até aqui. O progresso tecnológico seria a manifestação do processo capitalista de recorrente geração de desequilíbrios endógenos à esfera da produção na forma de inovações de produto e inovações de processo. Estas inovações, por sua vez, possuem uma série de interrelações que propiciam uma trajetória de mudança tecnológica potencialmente benéfica a toda a sociedade. Para tanto, é preciso que ocorra não apenas a geração de tais inovações, como também sua *difusão*, alavancando a produtividade e a diferenciação de produtos em diferentes firmas de um mesmo setor bem como em firmas de setores diferentes.

Deve também ser destacado o papel fundamental que cumpre o aprendizado relacionado a produção, uso e interação entre agentes para o processo inovativo, em particular no contexto presente de amplo uso das TICs. Isso porque a economia do aprendizado “se refere em primeiro lugar ao paradigma tecno-econômico relacionado a TIC do período pós-Fordista” (LUNDVALL; JOHNSON, 2016, p. 111, tradução nossa).

Nossa exposição deve contemplar o imenso potencial que emerge da difusão de conhecimentos e inovações no contexto de uma sociedade digital designada como ‘Sociedade 5.0’. A discussão que segue terá como pano de fundo o Quadro 1, o qual permite identificar por meio do contraste as diferenças específicas da Sociedade 5.0 em relação a suas antecessoras

**Quadro 1 – As Etapas da Evolução Socioeconômica**

	Society 1.0	Society 2.0	Society 3.0	Society 4.0	Society 5.0
<b>Society</b>	Hunter-gatherer	Agrarian	Industrial	Information	Super smart
<b>Productive approach</b>	Capture/Gather	Manufacture	Mechanization	ICT	Merging of cyberspace and physical space
<b>Material</b>	Stone • Soil	Metal	Plastic	Semiconductor	Material 5.0*
<b>Transport</b>	Foot	Ox, horse	Motor car, boat, plane	Multimobility	Autonomous driving
<b>Form of settlement</b>	Nomadic, small settlement 	Fortified city 	Linear (industrial) city 	Network city 	Autonomous decentralized city 
<b>City ideals</b>	Viability	Defensiveness	Functionality	Profitability	Humanity

Fonte: Deguchi; Kamimura, 2020, p. xii.

No Quadro 1 é possível visualizar como cada etapa do desenvolvimento social possui correspondências em nível econômico, no tocante a abordagem produtiva, os materiais<sup>26</sup> e meios de transporte representativos, bem como a organização civil em termos de interrelações individuais e os valores sustentados por aquela forma social. Conseqüentemente, a evolução de uma forma social para outra é compreendida como a evolução em termos desses cinco eixos.

De certa forma, a evolução da forma social, a partir de certo momento, pode ser entendida como a progressão, ainda que sobrepostas entre si, da sucessão de revoluções industriais e tecnológicas. Nesse sentido, a discussão de Rojas *et al.* (2021) nos permite identificar as seguintes fases de desenvolvimento socioeconômico: a Sociedade 1.0 ou nômade corresponde a forma social marcada pela coleta de frutos no geral e caça de animais; a Sociedade 2.0 ou agrícola corresponde aos assentamentos humanos na forma de plantios e algum escambo; a Sociedade 3.0 ou industrial é caracterizada pela produção em massa de bens através de processos mecanizados e/ou automatizados, bem como a diversificação de fontes de energia (a vapor, elétrica e a combustão) e de meios de transporte; na sequência, a Sociedade 4.0 corresponde à dominância da informação em diferentes esferas sociais, e é amparada pelas tecnologias da informação e comunicação (TICs) como microprocessadores e outros componentes eletrônicos integrados, os quais constituem o eixo tecnológico da Quarta Revolução Industrial ou Indústria 4.0; por fim, a Sociedade 5.0 representa um salto qualitativo, pois representa uma forma social colaborativa entre diferentes agentes (como governos, universidades e empresas) visando a solução de questões sociais através da integração entre ciberespaço e espaço físico.

A Sociedade 5.0 constitui uma visão para a nova etapa de desenvolvimento social e econômico proposta pelo governo japonês em 2016, em relatório intitulado "5º Plano Básico de Ciência e Tecnologia"<sup>27</sup>, dispondo diretrizes para a transição a uma sociedade superinteligente na qual desenvolvimento econômico e equacionamento de problemas sociais se complementam, almejando a construção de uma sociedade 'pessoa-cêntrica' ou 'humano-cêntrica' (DEGUCHI; KAMIMURA, 2020; FUKUDA, 2020; ROJAS *et al.*, 2021; HUANG *et al.*, 2022).

Ela pode ser definida da seguinte forma:

O objetivo da Sociedade 5.0 é [a construção de] uma sociedade humano-cêntrica superinteligente para garantir que todos os cidadãos possam ter acesso a vidas de elevada qualidade repletas de conforto e vitalidade ao prover os bens e serviços necessários para pessoas individuais ao nível necessário, quando preciso, através da fusão entre ciberespaço e espaço físico [...] (HUANG *et al.*, 2022, p. 425, tradução nossa).

<sup>26</sup> O Material 5.0 indicado no Quadro 1, material representativo da Sociedade 5.0, pode ser exemplificado com os nanomateriais.

<sup>27</sup> Do original "5<sup>th</sup> Science and Technology Basic Plan". Os Planos Básicos de Ciência e Tecnologia são responsáveis pela elaboração da estratégia de Ciência e Tecnologia (C&T) do Japão desde 1996, cada qual dispondo as diretrizes a serem atingidas durante o quinquênio ao visar crescimento econômico de ponta sustentado pela C&T (FUKUDA, 2020). No momento em que escrevemos, o governo japonês já está em seu sexto Plano Básico de Ciência e Tecnologia, válido para o período 2021-2025. Para uma descrição dos objetivos de cada Plano Básico de Ciência e Tecnologia até sua quinta versão, ver Fukuda (2020).

O espaço físico é o mundo a partir do qual certos dados são extraídos visando soluções práticas, enquanto o ciberespaço deve ser entendido um ambiente digital no qual ocorre a análise dos dados extraídos do espaço físico<sup>28</sup> (DEGUCHI *et al.*, 2020a). Esse ciberespaço reproduz digitalmente o espaço físico relevante, na forma de um “gêmeo digital” (*digital twin*), levando a melhoras na “eficiência operacional de uma casa inteligente, uma cidade inteligente, e mesmo uma sociedade inteligente, onde os estados em tempo real correspondentes podem ser obtidos para sustentar a otimização da operação” (HUANG *et al.*, 2022, p. 426, tradução nossa).

É justamente esse o propósito da Sociedade 5.0, qual seja, a fusão entre ciberespaço e espaço físico dentro de todas as esferas e setores da sociedade, “incluindo na energia, transporte, assistência médica, compras, educação, trabalho e lazer” (DEGUCHI *et al.*, 2020a, p. 2, tradução nossa). Tal forma social exige, conforme ressalta Rojas *et al.* (2021), uma infraestrutura tecnológica de informação e comunicação que engloba redes de sensores que transmitem dados para unidades centrais para análise, ambiente virtual Internet das Coisas (IdC)<sup>29</sup> que transmite em tempo real dados captados pelos sensores, computação na nuvem, enorme volume de dados estruturados ou não a serem armazenados na forma de *Big Data* e análises complexas dos dados captados para tomada de decisão por meio de Inteligência Artificial (IA)<sup>30</sup>.

Assim, a Sociedade 5.0 representa uma forma social extremamente complexa caracterizada por tais redes de TICs, propiciando um ambiente mais colaborativo e dinâmico. Nesse sentido, a Sociedade 5.0 é impulsionada tanto pelo conhecimento quanto pelos dados, pois as atividades econômicas características dessa sociedade são conhecimento-intensivas, e dependem da captação de dados que amparem a tomada de decisão automatizada e humana (DEGUCHI *et al.*, 2020a).

Cabe salientar ainda que o conceito de Sociedade 5.0 surge, de certa forma, como uma qualificação ao conceito de ‘Indústria 4.0’. Este termo foi cunhado em 2011 pelo governo alemão e introduzido no mesmo ano na Feira de Hannover para designar uma estratégia de desenvolvimento econômico voltada a tecnologias de ponta na indústria, na forma de fábricas inteligentes (XU *et al.*, 2021). Resumidamente, a Indústria 4.0 corresponde a “interconexão inteligente de máquinas e processos para a indústria baseada no SCF [Sistema Ciber-Físico] – uma tecnologia que além controle inteligente usando sistemas interconectados imbutidos”<sup>31</sup> (XU *et al.*, 2021, p. 531, tradução nossa).

---

<sup>28</sup> Essa fusão entre ciberespaço e espaço físico também é designada por Deguchi *et al.* (2020a) de *cyber-physical system* (CPS) ou sistema ciber-físico (SCF).

<sup>29</sup> Traduzido do original *Internet of Things* (IoT).

<sup>30</sup> Traduzido do original *Artificial Intelligence* (AI).

<sup>31</sup> Mencionando relatório do Boston Consulting Group, Xu *et al.* (2021) elencam nove tecnologias características da Indústria 4.0: *Big Data and Analytics*, robôs autônomos, simulação, integração horizontal e vertical de sistemas, Internet das Coisas, cibersegurança, Nuvem, manufatura aditiva e realidade aumentada.

A Sociedade 5.0 se distingue da Indústria 4.0 em três sentidos: almeja disseminar o uso de sistemas ciber-físicos por toda a sociedade, não se limitando apenas ao setor industrial; a mensuração de resultados deve contemplar mais do que apenas métricas econômicas estritamente, considerando a variedade de interesses sociais; e se preocupa com os impactos sociais das mudanças tecnológicas<sup>32</sup> (DEGUCHI *et al.*, 2020a). Ainda em contraste com ela, a Sociedade 5.0 propicia aprofundamento de conexões entre pessoas e objetos<sup>33</sup>, difundindo conhecimentos e informações que geram novas cadeias de relações e valores (POTOČAN; MULEJ; NEDELKO, 2021).

Ao considerarmos o processo inovativo propriamente, a 'Sociedade 5.0' opera com o conceito de 'sustentabilidade' compreendida em dimensão tripartite: na dimensão econômica a sustentabilidade evoca lucratividade, crescimento, eficiência e viabilidade financeira dos negócios; a dimensão ambiental da sustentabilidade, visando a proteção dos recursos naturais; e a sustentabilidade social, almejando equidade distributiva e em oportunidades, ética e imparcialidade<sup>34</sup> (ROJAS *et al.*, 2021).

A Sociedade 5.0 também opera com definição mais ampla do processo inovativo, passando a considerar inovações não tecnológicas na forma de mudanças organizacionais, inovações sociais e a criação de condições para a inovatividade<sup>35</sup> que se concretiza no ciclo invenção-inovação-difusão (POTOČAN; MULEJ; NEDELKO, 2021).

Nesse ponto, devemos concatenar as categorias que vimos explorando até o momento, indicando de que forma a economia do aprendizado atém seu ápice no contexto da Sociedade 5.0. Na discussão que segue, nos apoiaremos sobre um comentário que permite elucidar essa questão:

As comunidades abertas que [são] as plataformas digitais servirão uma função de mercado indispensável no comércio da Sociedade 5.0. Essas plataformas facilitam o comércio ao indicarem informação não-monetária bem como preço monetário. Essa informação empodera compradores para fazerem escolhas informadas sobre o que comprar, e a culminação dessas escolhas de consumidores vai encorajar que negócios desenvolvam produtos e serviços mais criativos para competirem (DEGUCHI *et al.*, 2020b, p. 123, tradução nossa).

<sup>32</sup> Apesar de não constituir objeto deste artigo, é sugerido que a Sociedade 5.0 pode ser construída sobre a Quinta Revolução Industrial, na forma da Indústria 5.0, em que esta é também entendida como uma crítica a Indústria 4.0. Tendo sido mencionado na literatura acadêmica desde 2017, foi em 2021 que a Comissão Europeia sublinhou o conceito de 'Indústria 5.0', esta sendo entendida como uma crítica interna da Indústria 4.0 em que as tecnologias da informação e comunicação adotadas são reimaginadas e dotadas de valores extraeconômicos, enfatizando o bem-estar social, a sustentabilidade ambiental e a flexibilidade necessária do processo produtivo para atender em tempos de crise (XU *et al.*, 2021; HUANG *et al.*, 2022). Para detalhamento sobre o conceito de Indústria 5.0 e como se posiciona ante a Indústria 4.0 e Sociedade 5.0, ver Xu *et al.* (2021) e Huang *et al.* (2022).

<sup>33</sup> Sendo mais específico, os tipos de conexões propiciadas pelas TICs são extremamente diversificadas nesta sociedade, envolvendo "coisas com outras coisas, pessoas com máquinas, organizações com organizações, pessoas com outras pessoas, a disseminação de conhecimento e desenvolvimento, fornecedores com clientes, grandes organizações com PMEs [pequenas e médias empresas], diferentes campos e indústrias com tecnologias digitais, e diferentes formas de colaboração" (ROJAS *et al.*, 2021, p. 13, tradução nossa).

<sup>34</sup> Sem nos debruçarmos mais a fundo, nota-se que a Sociedade 5.0 pode ser vista como uma forma de alcançar os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) elaborados pela Organização das Nações Unidas. Para discussões sobre como a Sociedade 5.0 pode alcançar os dezessete ODS em dez eixos de ação, ver Keidanren (2018) e a última seção em Deguchi e Karasawa (2020).

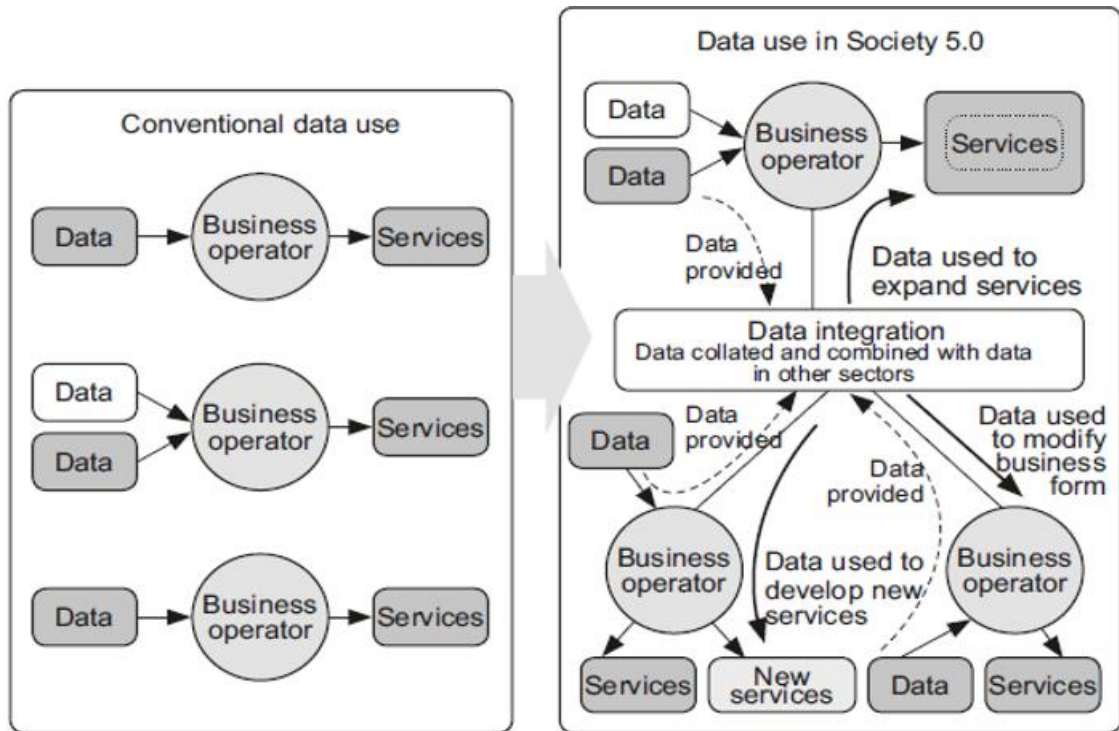
<sup>35</sup> Traduzido do original *innovativeness*.

Em primeiro lugar, devemos salientar que a Sociedade 5.0, por operar sobre o paradigma tecnológico das TICs, gera um ambiente altamente propício ao impulso inovativo. Isso não poderia ser diferente, uma vez que as TICs possibilitam execução de uma função fundamental na Sociedade 5.0: “À medida em que a coleta, transmissão, armazenamento e análise de dados em larga escala se torna possível a baixo custo, várias formas de inovação são impulsionadas” (KEIDANREN, 2018, p. 6, tradução nossa).

Isso decorre do fato de as TICs serem TPGs, servindo de base para desenvolvimentos posteriores em produtos e processos. Entretanto, existe um aspecto das TICs que as tornam excepcionais: ao propiciarem interconexões entre objetos, organizações e pessoas, possibilitam a geração de um sem-número de conhecimentos novos continuamente.

O paradigma das TICs, por sua vez, implica uma trajetória tecnológica de aprendizado, ampliando as oportunidades tecnológicas a um escopo sem precedentes. Isso porque as informações, subseqüentemente apreendidas e tornadas conhecimentos, podem ser transmitidas de qualquer lugar para qualquer lugar. Com isso, algumas das principais barreiras a difusão de tecnologias são derrubadas: aptidões necessárias para executar certas operações ou introduzir determinados produtos ou processos, bem como conhecimento de tecnologias complementares agora são relativamente mais acessíveis, facilitando que inovações radicais ou incrementais sejam adotadas.

Em particular, o processo de aprendizagem pela interação (*learning by interacting*) tem seu potencial intensificado, pois a Sociedade 5.0 assegura maior proximidade entre agentes inovativos, tanto usuários quanto produtores, consolidando uma presença maior de arranjos colaborativos ao lado dos competitivos. Pode-se constatar o modo como a Sociedade 5.0 propiciará tal ambiente inovativo a partir da troca de dados na Figura 1.

**Figura 1** - Formas Alternativas de Utilização de Dados

Fonte: Deguchi; Karasawa, 2020, p. 170.

Uma transição para a Sociedade 5.0 significa também essa mudança na forma de utilização dos dados por parte das firmas, pois tais dados (relacionados aos consumidores e condições de mercado) passarão de arranjos com uso privativo por cada firma individualmente para arranjos onde poderão ser compartilhados (DEGUCHI; KARASAWA, 2020).

Assim, podemos interpretar o uso de dados na Sociedade 5.0, da Figura 1, em torno do eixo do aprendizado pela interação (*learning by interacting*). Uma vez que os dados que amparam os processos de produção e oferta de bens e serviços deixam de ser exclusivamente apropriados por firmas particulares, arranjos colaborativos com a interação entre diferentes firmas é propiciado, e o potencial inovativo intensificado. Os problemas técnicos e econômicos com que se deparariam firmas, que exigem processos dispendiosos para resolução, podem ser sanados mediante interações com firmas que já tenham encontrado soluções: "Quando todos esses dados são agrupados e combinados, certamente gerará sinergias de negócios que as empresas individuais teriam de outro modo perdido" (DEGUCHI; KARASAWA, 2020, p. 169, tradução nossa).

Uma interessante consequência das mudanças a serem observadas na Sociedade 5.0 reside na crescente importância da customização em massa em detrimento da produção em massa. Uma vez que a introdução sistemática de TICs propicia maior interatividade entre usuários e produtores, e considerando ainda o amplo emprego de sistemas ciber-físicos complementados por análises de ciência de dados, os usuários ou consumidores passarão a

ter suas necessidades mais facilmente transmitidas e satisfeitas mediante adequação das estruturas produtivas a seus anseios, inclusive no tocante a certas modificações desejadas na qualidade dos bens e serviços.

Em suma, essa nova fase do capitalismo proposta pelo Japão pode ser entendida nos termos de uma economia mista em que vigoram mercados organizados, inaugurando não apenas uma repetição do padrão de elevação do bem-estar no sentido original, isto é, um simples aumento no número e qualidade dos bens e serviços ofertados. Se trata de uma etapa de desenvolvimento no sentido mais amplo do termo, em que a relação usuário-produtor, intensificada pelos valores pessoa-cêntricos imanentes a essa nova forma social, suscita a adoção e difusão de inovações inclusive de cunho social, visando o equacionamento de problemas não imediatamente sensíveis ao estímulo pecuniário e elevando a qualidade de vida da pessoa média.

### **Considerações finais**

Nossa discussão permitiu visualizar o modo como o progresso tecnológico constitui o modo como operam as economias capitalistas. Trabalhamos com os conceitos de paradigma tecnológico e trajetória tecnológica ao analisarmos as consequências da introdução de inovações, destacando a função cumprida pelo processo de difusão.

O conceito de economia do aprendizado, por sua vez, esboçou a importância dos processos de aprendizagem pela prática, pelo uso e pela interação para a geração de inovações, possuindo sua contraparte no esquecimento ou obsolescência de certos tipos de conhecimento, cuja dinâmica é entendida na ideia de destruição criativa.

O aprendizado enquanto pré-condição dos processos inovativos evocou o papel do conhecimento enquanto fator produtivo, o qual toma importância expressiva no âmbito da denominada Sociedade 5.0, conceito japonês que almeja a disseminação do paradigma tecnológico associado às TICs em diversas esferas sociais e setores, e realizado por meio dos sistemas ciber-físicos, diferenciando-se da abordagem alemã da Indústria 4.0 em termos da ótica social embutida.

Em todo caso, ao criar ambientes favoráveis ao processo de aprendizado e, conseqüentemente, ao processo inovativo, a Sociedade 5.0 amplifica e intensifica as oportunidades tecnológicas em potencial ao propiciar maior difusão de conhecimentos e tecnologias, dando ênfase no seu impacto extraeconômico.

No entanto, deve-se reconhecer algumas limitações do presente trabalho. A Sociedade 5.0, como sugerido, pode ser tida como construída sobre a Indústria 5.0, e não nos debruçamos mais detalhadamente sobre o conceito e como se posiciona com relação a sua precursora, a Indústria 4.0. Tampouco chegamos a explorar o papel das políticas tecnológicas e dos governos nacionais na construção dessa Sociedade 5.0, algo que poderia ser abordado

pela ótica do Sistema Nacional de Inovação, com destaque para os casos dos países em desenvolvimento.

Também o processo de difusão que, argumentamos, é central para compreender o potencial inovativo da Sociedade 5.0, deve ser estudado considerando certas restrições institucionais na forma de regimes de propriedade intelectual que impedem a difusão de conhecimentos, portanto atenuando os processos inovativos possíveis. Além disso, uma possível objeção consideraria até que ponto a concretização dos processos de aprendizado pela interação em uma sociedade fundada nas TICs (Sociedade 5.0) exigiria uma mudança qualitativa nas relações sociais de produção e, conseqüentemente, a busca de modelos de organização socioeconômica alternativos.

## Referências

CIMOLI, Mario; DOSI, Giovanni; YU, Xiaodan. Industrial policies, patterns of learning, and development: an evolutionary perspective. In: OQUBAY, Arkebe *et al.* **The Oxford Handbook of Industrial Policy**. Oxford: Oxford University Press, 2020.

COTSOMITIS, John A. Is the learning economy a viable concept for understanding the modern economy? **International Journal of Social Economics**, v. 45, n. 3, p. 492-507, 2018.

DEGUCHI, Atsushi; KAMIMURA, Osamu. Introduction. In: HITACHI-UTOKYO LABORATORY. **Society 5.0**. Cingapura: Springer Singapore, 2020.

DEGUCHI, Atsushi; KARASAWA, Kaori. Issues and Outlook. In: HITACHI-UTOKYO LABORATORY. **Society 5.0**. Cingapura: Springer Singapore, 2020.

DEGUCHI, Atsushi *et al.* What Is Society 5.0? In: HITACHI-UTOKYO LABORATORY. **Society 5.0**. Cingapura: Springer Singapore, 2020a.

DEGUCHI, Atsushi *et al.* From Monetary to Nonmonetary Society. In: HITACHI-UTOKYO LABORATORY. **Society 5.0**. Cingapura: Springer Singapore, 2020b.

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

DOSI, Giovanni; NELSON, Richard. Technological advance as an evolutionary process. In: NELSON, Richard. **Modern Evolutionary Economics: An Overview**. Cambridge: Cambridge, University Press, 2018.

DOWBOR, Ladislau. **O capitalismo se desloca: novas arquiteturas sociais**. São Paulo: Editoras Sesc São Paulo, 2020.

DOWBOR, Ladislau. **Resgatar a função social da economia: uma questão de dignidade humana**. São Paulo: Elefante, 2022.

FORAY, Dominique. **Economics of knowledge**. Cambridge: The MIT Press, 2004.

FREEMAN, Chris; SOETE, Luc. **A economia da inovação industrial**. Campinas: Editora da Unicamp, 2008.

FUKUDA, Kayano. Science, technology and innovation ecosystem transformation toward society 5.0. **International Journal of Production Economics**, v. 220, p. 1-14, 2020.

FURTADO, Celso. **Desenvolvimento e subdesenvolvimento**. Rio de Janeiro: Contraponto, 2016.

HUANG, Sihan *et al.* Industry 5.0 and Society 5.0 — Comparison, complementation and co-evolution. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 64, p. 424-428, 2022.

JOHNSON, Björn. From user-producer relations to the learning economy. **Science and Public Policy**, v. 38, n. 9, p. 703-711, 2011.

JOVANOVIC, Boyan; ROUSSEAU, Peter L. General Purpose Technologies. In: AGHION, Philippe; DURLAUF, Steven N. **Handbook of Economic Growth – Volume 1B**. London: Elsevier, 2005.

KEIDANREN. **Society 5.0 – Co-creating the Future**. Tokyo: Keidanren, 2018.

LIMBU, Yam B.; JAYACHANDRAN, C.; BABIN, Barry J. Does information and communication technology improve job satisfaction? The moderating role of sales technology orientation. **Industrial Marketing Management**, v. 43, p. 1236-1245, 2014.

LIPSEY, Richard G.; CARLAW, Kenneth I.; BEKAR, Clifford T. **Economic transformations: General Purpose Technologies and long-term economic growth**. New York: Oxford University Press, 2005.

LUNDVALL, Bengt-Åke. From the Economics of Knowledge to the Learning Economy. In: LUNDVALL, Bengt-Åke. **The Learning Economy and the Economics of Hope**. New York: Anthem Press, 2016a.

LUNDVALL, Bengt-Åke. Contributions to the Learning Economy: Overview and Context. In: LUNDVALL, Bengt-Åke. **The Learning Economy and the Economics of Hope**. New York: Anthem Press, 2016b.

LUNDVALL, Bengt-Åke. Innovation as an Interactive Process: From User-Producer Interaction to the National Systems of Innovation. In: LUNDVALL, Bengt-Åke. **The Learning Economy and the Economics of Hope**. New York: Anthem Press, 2016c.

LUNDVALL, Bengt-Åke. Product Innovation and User-Producer Interaction. In: LUNDVALL, Bengt-Åke. **The Learning Economy and the Economics of Hope**. New York: Anthem Press, 2016d.

LUNDVALL, Bengt-Åke; JOHNSON, Björn. The Learning Economy. In: LUNDVALL, Bengt-Åke. **The Learning Economy and the Economics of Hope**. New York: Anthem Press, 2016.

MALERBA, Franco. Learning by firms and incremental technical change. **The Economic Journal**, v. 102, n. 413, p. 845-859, 1992.

NELSON, Richard R. **As fontes do crescimento econômico**. Campinas: Editora da Unicamp, 2005.

NELSON, Richard R.; WINTER, Sidney G. **An Evolutionary Theory of Economic Change**. Cambridge: Belknap Press, 1982.

POTOČAN, Vojko; MULEJ, Matjaž; NEDELKO, Zlatko. Society 5.0: balancing of Industry 4.0, economic advancement and social problems. **Kybernetes**, v. 50, n. 3, p. 794-811, 2021.

ROJAS, Carolina Narvaez *et al.* Society 5.0: A Japanese Concept for a Superintelligent Society. **Sustainability**, v. 13, p. 1-16, 2021.

ROSENBERG, Nathan. Factors affecting the diffusion of technology. **Explorations in Economic History**, v. 10, n. 1, p. 3-33, 1972.

ROSENBERG, Nathan. A historiografia do progresso técnico. In: ROSENBERG, Nathan. **Por dentro da caixa-preta: tecnologia e economia**. Campinas: Editora da Unicamp, 2006a.

ROSENBERG, Nathan. Interdependências tecnológicas na economia norte-americana. In: ROSENBERG, Nathan. **Por dentro da caixa-preta: tecnologia e economia**. Campinas: Editora da Unicamp, 2006b.

ROSENBERG, Nathan. O Aprendizado pelo Uso. In: ROSENBERG, Nathan. **Por dentro da caixa-preta: tecnologia e economia**. Campinas: Editora da Unicamp, 2006c.

SANTOS, Rodolfo Torres dos. Cooperação em cadeias produtivas: um debate entre a economia dos custos de transação e a economia do aprendizado. **Revista de Economia**, v. 31, n. 1, p. 83-106, 2005.

SCHUMPETER, Joseph A. **Teoria do Desenvolvimento Econômico: Uma Investigação sobre Lucros, Capital, Crédito, Juro e o Ciclo Econômico**. São Paulo: Editora Nova Cultural, 1997.

SCHUMPETER, Joseph A. **Capitalismo, Socialismo e Democracia**. São Paulo: Editora da Unesp, 2017.

XU, Xun *et al.* Industry 4.0 and Industry 5.0 — Inception, conception and perception. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 61, p. 530-535, 2021.

ZHONG, Ray Y. *et al.* Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review. **Engineering**, v. 3, p. 616-630, 2017.