



Introdução à seção especial sobre a digitalização na indústria

*Paulo Bastos Tigre** , *Silvio Antonio Ferraz Cário*** 

* Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (RJ), Brasil.
E-mail: pbtigre@gmail.com

** Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis (SC), Brasil.
E-mail: fecario@yahoo.com.br

SUBMISSÃO: 30 DE AGOSTO DE 2023 APROVADO: 14 DE SETEMBRO DE 2023

RESUMO

Este texto apresenta a seção especial da RBI sobre o processo de adoção de tecnologias digitais e seus impactos na indústria manufatureira em países em desenvolvimento. Com base nos resultados de pesquisas realizadas entre 2017 e 2022 por pesquisadores da área de Economia Industrial e da Tecnologia de diferentes instituições brasileiras e estrangeiras, com o apoio da Confederação Nacional da Indústria (CNI), do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID/INTAL) e da Agência das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO), os artigos avaliam trajetórias de difusão, identificam as macrotendências e os impactos na inserção em cadeias produtivas globais, bem como analisam as oportunidades e os desafios enfrentados pelas empresas manufatureiras de países em desenvolvimento para incorporar tecnologias digitais em suas práticas produtivas, organizacionais e comerciais. Os trabalhos mostram que a adoção de novas tecnologias digitais depende fundamentalmente das capacitações técnicas existentes na empresa, assim como da visão de futuro de seus dirigentes. Em síntese, revelam como a heterogeneidade estrutural existente entre empresas formais e informais, setores econômicos, regiões geográficas e porte das organizações reforça o hiato na difusão de novas tecnologias e conduz a um provável aumento na concentração econômica em favor de empresas mais capacitadas para explorar as oportunidades das tecnologias digitais.

PALAVRAS-CHAVE | TECNOLOGIAS DIGITAIS; INDÚSTRIA MANUFATUREIRA; PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO; DIFUSÃO TECNOLÓGICA; CAPACITAÇÕES TÉCNICAS; CONCENTRAÇÃO ECONÔMICA; HETEROGENEIDADE ESTRUTURAL

Introduction to the special section on the digitalization of industrial sectors

ABSTRACT

This article presents RBI's special section on the diffusion of digital technologies and their impacts on the manufacturing industry of five developing countries. Based on the results obtained in a wide research project conducted in the last five years by researchers in Industrial and Technology Economics from different institutions, with the support of the National Confederation of Industry (CNI), the Inter-American Development Bank (IDB/INTAL) and the United Nations Agency for Industrial Development (UNIDO), the articles evaluate trajectories, identify the macro trends, the impacts on insertion in global production chains and the opportunities and challenges faced by manufacturing companies in developing countries to incorporate digital technologies into their productive, organizational and commercial practices. They show that the adoption of new digital technologies depends fundamentally on the existing technical skills in the company, as well as on the vision of the future of its leaders. In summary, the great heterogeneity between formal and informal companies, economic sectors, geographic regions and size of organizations reinforces the gap in the diffusion of new technologies and indicates a probable increase in economic concentration in favor of companies better able to exploit the opportunities of digital technologies.

KEYWORDS | DIGITAL TECHNOLOGIES; MANUFACTURING INDUSTRY; DEVELOPING COUNTRIES; TECHNOLOGICAL DIFFUSION; TECHNICAL SKILLS; ECONOMIC CONCENTRATION; STRUCTURAL HETEROGENEITY

Inovações radicais em produtos, processos e serviços digitais são bem documentadas na literatura especializada, principalmente no que se refere às quebras de paradigmas e *breakthroughs* tecnológicos. Menos estudado, entretanto, é o processo de difusão dessas inovações na indústria e na sociedade. Esta seção especial da RBI apresenta os resultados de uma série de pesquisas abrangentes e sistemáticas sobre o processo de adoção de tecnologias digitais e seus impactos na indústria manufatureira em diferentes países em desenvolvimento, realizadas de 2017 a 2022 por pesquisadores da área de Economia Industrial e da Tecnologia de diversas instituições, entre elas a Universidade Federal do Rio de Janeiro, a Universidade Estadual de Campinas e a Universidade Federal Fluminense. Trata-se de um programa de pesquisa dedicado a investigar o ritmo do processo de difusão da digitalização em empresas industriais, seus fatores condicionantes e seus impactos sobre a produtividade.

Inovação e difusão são fenômenos complementares, uma vez que inovações realizadas em laboratórios e centros de P&D precisam ser adaptadas a diferentes contextos e aplicações específicas para serem amplamente adotadas. Pioneiro em estudos de difusão tecnológica, Everett Rogers argumenta que, quando uma inovação radical é introduzida, seus impactos econômicos são relativamente limitados devido à necessidade de inovações complementares que permitam obter efeitos de rede. Frequentemente a difusão de inovações requer também a requalificação de recursos humanos, a educação de usuários, o desenvolvimento de novas infraestruturas, a superação de resistências organizacionais e a criação de novos marcos legais. Por isso, efeitos mais sistêmicos de inovações disruptivas sobre a produtividade setorial ou macroeconômica dependem essencialmente do nível de prontidão (*readiness*) e da ubiquidade do processo de difusão tecnológica.

A questão central abordada nos artigos desta seção especial envolve o fenômeno da digitalização: se existe efetivamente uma mudança de paradigma e como ela afeta a indústria. Os artigos avaliam diferentes aspectos das trajetórias de adoção das tecnologias digitais na indústria, identificam macrotendências e buscam entender a natureza e a extensão das oportunidades e dos desafios enfrentados

pelas empresas manufatureiras para incorporar tecnologias digitais em suas práticas produtivas, organizacionais e comerciais. Esse esforço de pesquisa e reflexão trazem conhecimentos essenciais para a elaboração de políticas públicas e de novas estratégias empresariais aderentes às oportunidades tecnológicas que vêm sendo criadas.

A consistência e a convergência dos artigos são aprofundadas pela robustez dos procedimentos metodológicos desenvolvidos pela equipe de pesquisa da UFRJ, Unicamp e UFF a partir do projeto “Indústria 2027 - Riscos e oportunidades para o Brasil diante de inovações disruptivas”, que foi contratado pela Confederação Nacional da Indústria e envolveu o exame da trajetória de adoção de tecnologias digitais de um painel de aproximadamente 1.000 firmas brasileiras (IEL/NC et al., 2018). Essa metodologia foi posteriormente replicada e aperfeiçoada em Gana, Tailândia e Vietnã por iniciativa da UNIDO (KUPFER; FERRAZ; TORRACCA, 2019) e na Argentina por iniciativa do BID/INTAL (ALBRIEU et al., 2019), até ser novamente aplicada para um novo painel de empresas industriais brasileiras, cujos resultados são agora reportados nesta seção especial da RBI. A comparabilidade internacional confere maior consistência e abrangência a esse programa de pesquisa, além de permitir seu aperfeiçoamento metodológico. Os dados primários foram coletados por meio da realização de entrevistas estruturadas com aplicação de questionário eletrônico e analisados utilizando modelos econométricos, técnicas *fuzzy* e complementados por análises descritivas. Modelos probabilísticos foram utilizados para avaliar o papel de fatores determinantes da adoção, incluindo as características organizacionais, a natureza e complexidade das tecnologias pertinentes e do ambiente competitivo enfrentado pelas empresas.

Os artigos avaliam como as empresas estão hoje em termos de digitalização, com base em métricas sobre o grau de maturidade, e como preveem seu futuro, explorando a consciência de dirigentes industriais sobre os desafios e as oportunidades das novas tecnologias. Argumenta-se que ter uma visão de futuro é essencial para a modernização empresarial, apesar das incertezas e dificuldades inerentes às previsões. A projeção do futuro é necessária porque sinaliza ações de investimento e capacitação

que são essenciais para a sustentação da competitividade. Cabe ressaltar que o futuro reserva surpresas que afetam a dinâmica e a estrutura dos mercados em função de inovações tecnológicas radicais não previstas, de conjunturas econômicas mutáveis, e de mudanças institucionais que afetam as políticas públicas. Entretanto, uma certeza permeia as previsões: o futuro da tecnologia não será igual ao que se observa hoje e as empresas que não se atualizarem estarão cada vez mais vulneráveis.

Os artigos são complementares e buscam oferecer uma visão multidimensional do processo de adoção de tecnologias digitais em países em desenvolvimento. Dois artigos fornecem um quadro teórico e metodológico para o programa de pesquisa como um todo e os demais apresentam análises comparativas entre países, da identificação de fatores determinantes da difusão, tanto positivos quanto negativos, dos impactos sobre emprego, da inserção em cadeias produtivas globais e finalmente sobre a dimensão regional do processo de digitalização. No conjunto, os artigos oferecem um diagnóstico abrangente sobre o desafio da digitalização em países em desenvolvimento.

Em “*Digitalization, expectations, and industrial dynamism: a conceptual map*”, Coutinho (2023) oferece uma referência teórico-analítica para o projeto como um todo. O artigo discute o contexto tecnológico, econômico e institucional no qual a indústria em países em desenvolvimento se insere, examinando a articulação das esferas de análise macro, meso e micro com temáticas transversais como inovação, cadeias globais de valor, práticas de P & D, exportações e capacitação dos trabalhadores. O autor argumenta que a digitalização das cadeias de valor combinada a Inteligência Artificial (IA) propicia diferentes oportunidades para o surgimento de novos modelos de negócio intensivos em serviços, customizações e/ou personalizações e o maior entrelaçamento das cadeias globais ou regionais de valor. O advento de inovações radicais favorece a redução de barreiras à entrada de concorrentes mais eficientes e flexíveis, tornando as cadeias de valor e as estruturas de mercado mais instáveis. No caso brasileiro, apesar das adversidades estruturais e da grande heterogeneidade observada na indústria, um grupo de empresas internacionalmente competitivas,

principalmente subsidiárias de transnacionais ou empresas nacionais líderes de mercado tenderão a avançar no processo de digitalização 3.0 e 4.0. Tal hipótese é mais bem explorada nos artigos seguintes.

Em artigo com enfoque teórico-metodológico, “*Chasing the Rainbow: towards an experimental methodological framework for the assessment of digitalisation at the firm level*”, Ferraz (2023) propõe um referencial metodológico experimental para avaliar a adoção de tecnologias digitais em empresas industriais. A pertinência da proposta se deve às dificuldades de avaliação da difusão de TICs em função de sua intangibilidade, capilaridade e grande dinamismo tecnológico. O autor identifica procedimentos metodológicos essenciais para avaliar o estágio atual e o futuro esperado da adoção (definidos em termos de gerações tecnológicas), o ritmo e os fatores determinantes da digitalização. Para isso recorre a uma ampla revisão da literatura acadêmica existente, a *surveys* realizados por empresas de consultoria, a relatórios produzidos por instituições públicas e privadas relacionadas a estatísticas e a documentos sobre políticas industriais e tecnológicas. A metodologia proposta serviu de referência para os demais artigos aqui publicados.

Torracca et al. (2023) fazem no artigo “*Digital heterogeneities in developing countries: a comparative analysis*” uma análise comparativa do nível de digitalização da indústria manufatureira em cinco países - Argentina, Brasil, Gana, Tailândia e Vietnã - com base em dados primários comparáveis de 1.212 empresas. Analisou-se a adoção de diferentes gerações de tecnologias digitais nas funções de produção, P&D, relacionamento com clientes e fornecedores e gestão de negócios. Os resultados confirmam, para o caso da digitalização da indústria desses países, o cenário de heterogeneidade estrutural dos processos de desenvolvimento traçado pela Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (2022). A coexistência de padrões assimétricos de digitalização entre e dentro dos países é apontado como uma característica comum dos países em desenvolvimento, contrastando padrões avançados em grandes empresas e em setores mais intensivos em tecnologia com a baixa utilização de tecnologias digitais observada na maioria dos casos. Considerando que a digitalização proporciona

maior competitividade, uma consequência provável é o aumento da concentração industrial. Os autores concluem que, apesar das expectativas de digitalização das empresas serem elevadas, o nível básico de capacitação atual prejudica uma visão mais otimista para o futuro.

O artigo “*Factors determining the path of digital technologies adoption of Brazilian industrial firms*” de Ruiz et al. (2023) mostra, com base em modelos probabilísticos, que a adoção de inovações digitais tem avançado no Brasil, mas que ainda se encontra em um estágio inicial. O exercício econométrico revela que os principais fatores que afetam o processo de digitalização são o tamanho da empresa, a intensidade tecnológica do setor onde atua, o fato de ela ser ou não exportadora e o grau de qualificação da força de trabalho. O estudo aponta que o investimento prévio em recursos humanos, apesar de permitir o aprendizado cumulativo, pode também constranger a absorção de mudanças tecnológicas disruptivas. Mudanças mais radicais exigem não só o aprendizado como também o “desaprendizado” tecnológico, ou seja, o abandono de técnicas e processos que se tornaram obsoletos pela introdução de inovações, incluindo a qualificação tradicional dos trabalhadores. Por isso, quando há mudanças tecnológicas disruptivas, é comum surgirem novas empresas cujo sucesso está associado ao fato de não dependerem de trajetórias passadas, não carregando assim “ativos afundados”.

Britto et al. (2023) abordam mais diretamente a questão do desemprego tecnológico e do potencial de obsolescência da força de trabalho no artigo intitulado “*El impacto de la digitalización sobre empleo y las habilidades por estadios de adopción en Brasil y Argentina*”. Os autores relacionam os níveis de digitalização com a percepção dos impactos da adoção em empresas industriais argentinas e brasileiras em relação a duas dimensões básicas do mercado de trabalho: a criação de novos empregos e as novas habilidades requeridas dos trabalhadores. Para isso, utilizam informações obtidas em *surveys* recentes realizados em ambos os países no âmbito do projeto. Os resultados mostram uma associação positiva entre a adoção de soluções digitais avançadas e a perspectiva de geração de empregos, pois o crescimento esperado das empresas no mercado demandará mais pessoas, dotadas principalmente de *soft skills*.

Os impactos da digitalização nas cadeias globais e regionais de valor (CGVs) são abordados no artigo “Tecnologias Digitais e Reorganização da Produção Internacional: Notas Sobre o Caso Brasileiro”, de Marcató, Sarti e Introini (2023). Os autores argumentam que as tecnologias digitais têm sido fundamentais para viabilizar a conformação das CGVs, mas que tal processo poderá se alterar diante de uma possível “desglobalização”. Em novos contextos geopolíticos, as tecnologias digitais aplicadas ao comércio exterior serão mais orientadas para mitigar problemas associados às estruturas de produção verticalmente fragmentadas e aos riscos sistêmicos associados à extensão das cadeias. As tendências apontadas são multifacetadas e, por vezes, vão em direções contrárias. Dentre elas, observa-se a concentração de valor agregado em países desenvolvidos e inserção limitada de países em desenvolvimento especializados em atividades intensivas em mão de obra com limitada difusão de tecnologias digitais. A principal mensagem é a de que a digitalização abre oportunidades para o desenvolvimento de inovações radicais que alteram o modo de fazer as coisas e articular cadeias produtivas. Entretanto, para se inserir positivamente na transformação digital é necessário superar barreiras linguísticas, melhorar a qualidade dos produtos e serviços locais e acelerar a capacitação das empresas e seus recursos humanos.

Por fim, a dimensão regional da difusão de TICs na indústria é tratada no artigo “Ecossistema de inovação e digitalização: uma análise da adoção digital entre as empresas da região de Campinas”, de Borghi, Laplane e Torracca (2023). A principal questão discutida é o papel do ecossistema de inovação na adoção de gerações mais avançadas de tecnologias digitais, ou seja, se e como a participação em um ecossistema de inovação intensivo em recursos tecnológicos estimula o processo de digitalização das empresas. A discussão baseia-se na análise comparativa dos resultados de uma subamostra de empresas localizadas na região metropolitana de Campinas, algumas das quais vinculadas à Unicamp, com os resultados do painel de empresas localizadas em diversas regiões do Brasil. As evidências corroboram a hipótese de que a participação das empresas em ecossistemas de inovação promove a adoção de estágios mais avançados de digitalização em setores econômicos específicos.

Uma conclusão geral que se pode extrair dos artigos apresentados é que a adoção de novas tecnologias digitais depende fundamentalmente das capacitações técnicas existentes na empresa, por meio de treinamento contínuo, atividades de experimentação e P&D. A marcante heterogeneidade existente entre empresas formais e informais, setores econômicos, regiões e porte das organizações acentua o hiato entre os que adotam e não adotam as novas tecnologias. Como consequência, observa-se uma tendência estrutural de concentração econômica em favor de organizações mais capazes de inovar. No Brasil e na Argentina observa-se um aumento substancial de pessoas com acesso à Internet, mas os meios utilizados (principalmente *smartphones*) e a relativamente baixa complexidade das aplicações não resultam no aumento de produtividade necessária para promover o *catching-up*. Em vista disso, as políticas públicas para a área digital precisam contribuir para a melhoria dos níveis de capacitação dos recursos humanos assim como para ampliar o acesso à infraestrutura de qualidade a custos acessíveis para todos.

Referências

- ALBRIEU, R. et al. Travesía 4.0: hacia la transformación industrial argentina. Buenos Aires: Intal-BID, 2019. (Nota Técnica no. IDB-TN-1672).
- BORGHI, R.; LAPLANE, M. F.; TORRACCA, J. Ecosistema de inovação e digitalização: uma análise da adoção digital entre as empresas da região de Campinas. Revista Brasileira de Inovação, Campinas, v. 22, 2023. <http://dx.doi.org/10.20396/rbi.v22i00.8668516>.
- BRITTO, J. et al. El impacto de la digitalización sobre empleo y las habilidades por estadios de adopción en Brasil y Argentina. Revista Brasileira de Inovação, Campinas, v. 22, 2023. <http://dx.doi.org/10.20396/rbi.v22i00.8668456>.
- COMISSÃO ECONÔMICA PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE – CEPAL. Panorama social da América Latina 2021. Resumo executivo. Santiago de Chile: CEPAL, 2022. Disponível em:

- <<https://www.cepal.org/pt-br/publicaciones/47808-panorama-social-america-latina-2021-resumo-executivo>>. Acesso em: 14 out. 2023.
- COUTINHO, L. Digitalization, expectations, and industrial dynamism: a conceptual map. *Revista Brasileira de Inovação, Campinas*, v. X, 2023. <http://dx.doi.org/10.20396/rbi.v22i00.8668426>.
- FERRAZ, J. Chasing the Rainbow: towards an experimental methodological framework for the assessment of digitalisation at the firm level. *Revista Brasileira de Inovação, Campinas*, v. 22, 2023. <http://dx.doi.org/10.20396/rbi.v22i00.8668376>.
- INSTITUTO EUVALDO LODI. NÚCLEO CENTRAL – IEL/NC et al. *Industry 2027: risks and opportunities for Brazil in the face of disruptive innovations. Final report: Building the Future of Brazilian Industry*. Brasília: IEL/NC, 2018.
- KUPFER, D.; FERRAZ, J. C.; TORRACCA, J. A comparative analysis on digitalization in manufacturing industries in selected developing countries: firm-level data on Industry 4.0. Vienna: UNIDO, 2019. (Working Paper, n. 16/2019).
- MARCATO, M. M.; SARTI, F.; INTROINI, M. Tecnologias digitais e reorganização da produção internacional: notas sobre o caso brasileiro. *Revista Brasileira de Inovação, Campinas*, v. 22, 2023. <http://dx.doi.org/10.20396/rbi.v22i00.8668477>.
- RUIZ, A. U. et al. Factors determining the path of digital technologies adoption of Brazilian industrial firms. *Revista Brasileira de Inovação, Campinas*, v. 22, 2023. <http://dx.doi.org/10.20396/rbi.v22i00.8668448>.
- TORRACCA, J. et al. Digital heterogeneities in developing countries: a comparative analysis. *Revista Brasileira de Inovação, Campinas*, v. 22, 2023. <http://dx.doi.org/10.20396/rbi.v22i00.8668616>.



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.