

## **Barreiras na Adoção Combinada de Tecnologias Digitais por Empresas Brasileiras: uma proposta de tipologia**

Emerson Gomes dos Santos, Unifesp e CEDEPLAR/UFMG. emerson.gomes@unifesp.br  
Márcia Siqueira Rapini, CEDEPLAR/UFMG. msrapini@cedeplar.ufmg.br

---

**Resumo:** São vários os desafios para adoção de tecnologias digitais, em parte devido à intangibilidade e à velocidade de progresso de tais tecnologias além do seu caráter pervasivo. Apesar dessa adoção melhorar os processos das empresas há barreiras para avaliar os riscos na decisão de investir nessas tecnologias. Assim, o presente artigo propõe uma forma mais ampla de avaliar a adoção combinada de várias tecnologias considerando as barreiras que podem influenciar essa adoção com uso de microdados da TIC Empresas e Análise de Agrupamento para propor uma Tipologia. Resultados fornecem insumos para a proposição de políticas e ações para ampliar a adoção de tecnologias digitais.

**Palavras-chave:** Progresso técnico; digitalização; serviços intensivos em conhecimento; Tecnologias digitais; Barreiras à adoção.

**Área Temática:** Economia

Agradecemos financiamento do CNPq Processo: 311722/2023-7 e Fapemig Projeto APQ-00454-23

## **Barriers to the Combined Adoption of Digital Technologies by Brazilian Companies: a proposed typology**

**Abstract:** There are many challenges to adopting digital technologies, partly due to the intangibility and speed of progress of these technologies, as well as their pervasive nature. Although this adoption improves companies' processes, there are barriers to assessing the risks involved in deciding to invest in these technologies. This article therefore proposes a broader way of assessing the combined adoption of various technologies, taking into account the barriers that can influence this adoption, using micro-data from ICT Enterprises and Cluster Analysis to propose a typology. The results provide input for proposing policies and actions to increase the adoption of digital technologies.

**Keywords:** Technical progress; digitalization; knowledge-intensive services; digital technologies; barriers to adoption.

## 1. Introdução

Nos últimos anos, nota-se um avanço notável na digitalização, resultante da convergência de várias tecnologias e com soluções digitais aplicáveis a todas as funções de negócio das empresas e de qualquer atividade econômica. Assim, o desenvolvimento das tecnologias digitais avança rapidamente por conta dessa vasta gama de utilizações, cruciais para diversos setores da economia. Essa transformação digital envolve diferentes tecnologias e gera valor por meio da aplicação de inovações digitais para a sociedade (ALBERTI, MOURA ALBERTIN, 2021).

São vários os desafios presentes na área, em parte devido à intangibilidade e à velocidade de progresso de tais tecnologias e o seu caráter pervasivo, pois partem de uma base técnica genérica e dão suporte as outras atividades econômicas (FERRAZ *et al.*, 2019; GAMBARDELLA; TORRISI, 1998). Com isso, observa-se crescente interesse da academia em estudos sobre a adoção das tecnologias digitais, tanto pela necessidade de abordagens adequadas para avaliar essa adoção quanto para entender as barreiras que impedem o alcance de seus benefícios pelas empresas.

A adoção das tecnologias digitais, dada pela evolução das tecnologias de informação e comunicação TIC, possibilita melhorar os processos das empresas. Em geral, impulsionada pela expectativa de melhor eficiência, produtividade e decisões (SZALAVETZ, 2019). Assim, os benefícios para as empresas se relacionam com vantagens competitivas pela redução de custos e de acessos a novos mercados (KARABULUT, 2020). Também há melhora no nível do país em relação ao PIB, emprego e produtividade do trabalho (MENTSIEV *et al.*, 2020).

Apesar dos benefícios algumas empresas apresentam dificuldades para a adoção dessas tecnologias digitais, o que remete aos desafios ou barreiras. Estudos sobre as barreiras à adoção ajudam as empresas a avaliar os riscos na decisão de investir nessas tecnologias, incluindo custos, impactos operacionais e segurança de dados. Com esse conhecimento e reflexão as empresas podem escolher e priorizar a tecnologia que pode acelerar o processo de digitalização e, isso pode implicar no impacto na economia do país como um todo.

No contexto brasileiro, estudos recentes identificaram que a adoção de tecnologias digitais, bem como sua velocidade de incorporação, varia de acordo com o porte da empresa e a intensidade tecnológica do setor (RUIZ *et al.*, 2023; TORRACA *et al.*, 2023). Assim, empresas maiores teriam mais recursos e incentivos para a adoção mais rápida de tecnologias digitais. Porém, não foram avaliadas as barreiras para essa adoção. Em relação ao setor, os serviços classificados como Serviços Intensivos em Conhecimento (SICs) possuem importância das tecnologias digitais para suas atividades de inovação colaborativas, visto que diferentes ambientes concorrenciais podem incentivar o desenvolvimento de inovações, bem como a incorporação de novas tecnologias, como as digitais.

Pesquisa realizada pela CNI em 2021 identificou que alguns dos obstáculos internos para a implementação de tecnologias digitais eram a estrutura e cultura da empresa e a falta de conhecimento técnico. Dentre barreiras externas a falta de trabalhadores qualificados foi apontada como fator relevante, bem como o despreparo de clientes e fornecedores. Um trabalho recente realizados para o contexto português fez vasta revisão sobre as barreiras, identificando o impacto delas na adoção de tecnologias digitais, bem como sua implementação e incorporação (TELES, 2023).

Nem todas as organizações utilizam as tecnologias digitais ou o fizeram de forma parcial, segundo seus interesses apesar da quantidade de possibilidades de uso. Este fato também pode estar relacionado à falta de conhecimentos e competências ou à falta de clareza dos benefícios de cada tecnologia. Assim, surge a oportunidade de aprofundar a discussão sobre a complexidade da adoção de diversas tecnologias, segundo diversas barreiras.

Neste contexto, o presente artigo propõe uma forma mais ampla de avaliar a adoção combinada de várias tecnologias considerando as barreiras que podem influenciar essa adoção. Para tanto, foi utilizada a base de microdados gerada na pesquisa sobre o uso das Tecnologias de Informação e Comunicação disponibilizados pelo CETIC.br, com dados coletados entre 2021 e 2022 e análise de agrupamento para propor uma Tipologia para avaliar o papel das barreiras na adoção

combinada de tecnologias digitais por empresas brasileiras.

Além desta introdução este artigo possui mais quatro seções. A próxima seção sistematiza a fundamentação teórica sobre as barreiras para a adoção de tecnologia digital que serão explorados empiricamente no trabalho. A terceira seção apresenta a base de dados, as variáveis selecionadas, bem como a abordagem utilizada. A quarta seção apresenta os resultados e a quinta seção apresenta as considerações finais do trabalho.

## 2. Fundamentação Teórica

O potencial transformacional da digitalização aumenta à medida que as soluções digitais avançadas incorporam cada vez mais inteligência para discernir, decidir e iniciar ações, seja de forma preventiva, operacional e/ou corretiva (IEL, 2018). Além disso, é um processo de difusão acentuada pela redução de custos, alta elasticidade da demanda, aumento da oferta e ampla extensão de aplicações possíveis e a escalabilidade potencial dos dispositivos digitais (FERRAZ *et al.*, 2019).

A digitalização resulta da convergência e mistura de várias tecnologias tangíveis e intangíveis. Sendo as soluções digitais aplicáveis a todas as funções de negócio das empresas e de qualquer atividade econômica, as empresas podem empregar, simultaneamente, dispositivos de diferentes gerações digitais, com retornos econômicos positivos. Assim, a Transformação Digital envolve a Internet das Coisas (IoT), 5G, Comunicações sem fios (wireless), Computação em Nuvem, Big Data, Inteligência Artificial (IA), Blockchain e Computação Quântica, entre outras tecnologias, gerando valor por meio da aplicação de inovações digitais para a sociedade (ALBERTI, MOURA ALBERTIN, 2021).

Considerando uma trajetória de evolução, essas tecnologias envolvem um padrão específico de heurística de solução de problemas: a manipulação e o processamento de quantidades crescentes de informações (DOSI, 1982; NELSON; WINTER, 1982). E com o surgimento da internet e de sistemas integrados capazes de coletar, processar, armazenar e comunicar grandes quantidades de dados, acentuou-se o ritmo do progresso técnico relacionado a elas.

Empresas adotam dispositivos de tecnologia em áreas ou funções de negócios consideradas relevantes, soluções digitais para desempenhar qualquer função comercial, incluindo atividade fim ou relações com clientes, fornecedores e partes interessadas. As soluções digitais fornecem meios como a flexibilidade operacional às empresas, tornando rápida a mudança de parâmetros técnicos e operacionais, podendo aliviar parcial ou completamente a rigidez dos processos (FERRAZ; RUSH; MILES, 1992).

Além disso, como as capacidades de inovação das empresas diferem, as capacidades digitais e seus resultados correspondentes também diferem. Com o tempo, quando a adoção de dispositivos digitais for mais eficaz para certas empresas, aumentará a sua capacidade de crescer e de prosperar em relação às demais. Entre os países em desenvolvimento, se a mudança for nesse sentido, dependendo da taxa de difusão de uma determinada população, a digitalização pode reforçar a heterogeneidade estrutural predominante (FERRAZ *et al.*, 2019).

A adoção digital efetiva não ocorre naturalmente ou imediatamente quando a tecnologia é introduzida e colocada em uso. Assim como qualquer outro processo de adoção de tecnologia, a eficácia envolve decisões e investimentos estratégicos e depende da capacidade de uma empresa em mobilizar capacidades para responder às mudanças e manter ou criar vantagens competitivas (NELSON; WINTER, 1982).

Alguns autores estudaram a adoção de tecnologias digitais. Entre os trabalhos mais recentes que identificam dificuldades e obstáculos para a adoção de tecnologias digitais por parte das empresas destaca-se Kubota e Rosa (2024). O estudo, além de utilizar a mesma base de dados do presente artigo, identificou que a adoção de tecnologias digitais estaria fortemente relacionada à existência de uma política de segurança digital que, em geral, esta presente em empresas de maior porte, com 250 ou mais funcionários. Sendo a transformação digital ainda um processo circunscrito às grandes empresas que conseguem acessar conhecimento técnico necessário, financiamento adequado e possuem mão-de-obra qualificada. Assim, a relevância de uma política de segurança

digital como fator para a adoção de tecnologias digitais está relacionado com o tamanho da empresa, ou seja, com sua capacidade e necessidade de desenhar uma estratégia nesta área.

Além disso, os recursos humanos, ou seja, as habilidades da mão-de-obra são fundamentais para a incorporação das novas tecnologias nas práticas organizacionais. O estudo realizado pela CNI em 2016 já apontava que empresas de pequeno porte e microempresas relataram a falta de capacidade, de mão de obra qualificada, como barreira para a adoção de tecnologias digitais. Neste cenário, o investimento em novos modelos educacionais por parte do governo, e a realização de atividades internas de treinamento são iniciativas que podem ampliar a adoção de tecnologias digitais em especial para as empresas de pequeno porte. Formas de capacitar os funcionários como uma prática de gestão de recursos humanos podem ser úteis para as empresas *et al.*, 2010), inclusive pois há a correlação positiva entre a qualificação dos trabalhadores e a utilização de TIC nas empresas. BAYO-MORIONES *et al.* (2007), a partir dessa relação, indicou formas eficazes de apoiar e incentivar a adoção da digitalização nas empresas. Considerando que quanto maior o nível educacional do capital humano maior a prontidão e a disposição de uma empresa em adotar novas tecnologias (MAHMOOD *et al.* 2001).

Por fim, os setores de serviços intensivos em conhecimento (SICs) apresentam o potencial de contribuir para a transição para uma economia digitalizada na medida que incorporam tecnologias capazes de liderar a integração indústria-serviços de valor agregado. A busca por mais produtividade no setor de serviços tem orientado as inovações para o incremento da interatividade com outras empresas ou organizações. Os serviços intensivos em conhecimento (SICs), no inglês *Knowledge Intensive Business Services (KIBS)*, são setores provedores de conhecimento especializado e soluções técnicas como software, P&D, engenharia e consultoria (CASTELLACI, 2008).

Os SICs tem sido considerados importantes para os processos de inovação tecnológica e/ou organizacional, por carregarem em si partes essenciais do conjunto de conhecimentos que marcam a complementariedade de muitos processos contemporâneos de inovação. Os mesmos são empresas que fornecem serviços intensivos em informações e conhecimento para outras empresas e que, por isso, são marcadas pela presença de profissionais de alta qualificação, como engenheiros e cientistas, capazes de facilitar o desenvolvimento de soluções a problemas de seus clientes (MILES, 1995; HERTOOG, 2000). Os SICs têm uma relação dual com o conhecimento (NÄHLINDER, 2005). Eles são geradores de conhecimento para seus clientes ou em coprodução com eles, e também o difundem na economia. Vários dos setores de serviços de SICs são provedores e desenvolvedores de tecnologias digitais, sendo relevante investigar se as empresas deste setor apresentam barreiras distintas para a adoção de determinadas tecnologias digitais.

Pela adoção das tecnologias digitais as empresas esperam melhorar sua eficiência, produtividade e as decisões (SZALAVETZ, 2019) e, mesmo com os benefícios conhecidos pelas empresas, como vantagens competitivas pela redução de custos e de acessos a novos mercados (KARABULUT, 2020), algumas delas apresentam dificuldades para a adoção dessas tecnologias digitais, o que remete aos desafios ou barreiras já identificados na literatura, relacionados à sua capacidade para se adaptar e gerir as mudanças; ao investimento necessário nas tecnologias; a qualificação dos recursos humanos; o alinhamento com a estratégia organizacional e a cibersegurança.

Segundo Correia *et al.* (2016) as barreiras não precisam ser consideradas impenetráveis, pois apesar delas dificultarem a adoção de tecnologias, elas não impedem totalmente a sua utilização e recomenda a execução de projetos pilotos para preparar a organização para o processo de mudança, auxiliando na qualificação de recursos humanos e na criação de infraestruturas adequadas à implementação de meios de digitalização.

Teles (2023) fez uma ampla revisão e cita barreiras financeiras e não financeiras. Essa última podendo ser classificadas como barreiras a nível tecnológico, de conhecimento, de recursos humanos, a nível organizacional ou ambiental (ULLAH *et al.*, 2021) além das barreiras de regulamentação (D'ESTE *et al.*, 2012). Assim, as barreiras podem ser classificadas como:

- 1) tecnológicas, como acesso e uso de Internet (AKRAM, M., 2018; SESTINO *et al.*, 2020);
- 2) barreiras a nível organizacional e administrativo, como resistência a mudanças da direção e trabalhadores (HEROLD *et al.*, 2021; SOLIS, 2017);
- 3) barreiras de recursos humanos, relacionadas a falta de competências e dificuldades de formação (BALDWIN *et al.*, 2002);
- 4) barreiras financeiras, que segundo (BALDWIN *et al.*, 2002) se referem ao custo de capital, de aquisição de equipamentos relacionados, de desenvolvimento de software e ao aumento das despesas de manutenção;
- 5) barreiras de informação e conhecimento, como a falta de informações científicas e conhecimentos técnicos (BALDWIN *et al.*, 2002);
- 6) risco de segurança, pela possibilidade da quebra da confidencialidade dos dados (MOSTEANU, 2020b);
- 7) barreiras de regulamentação, que incluem problemas associados aos regimes tributários, aos regulamentos e aos padrões governamentais (BALDWIN *et al.*, 2002).

Assim, mapeadas as barreiras à adoção tecnológica, as empresas se deparam com os desafios de investimento em infraestruturas, de enfrentamento às resistências inerentes as mudanças, da falta de qualificação dos recursos humanos e alinhamento da estratégia organizacional, além das dificuldades financeiras, de conhecimento, legais, bem como de cibersegurança.

Com o entendimento das barreiras existentes à adoção, os gestores podem tomar melhores decisões, ajudando a fomentar uma cultura inovadora e enfrentando as resistências à mudança por parte dos empregados. Projetos pilotos podem ajudar a preparar a organização para o processo de mudança, e lidar com a melhoria da qualificação de recursos humanos e da infraestrutura necessária à adoção, considerando que as barreiras existentes não são impenetráveis, elas apenas dificultam a adoção dessas tecnologias (TELES, 2023; CORREIA *et al.*, 2016).

Por fim, com a adoção de tecnologias digitais o nível de indicadores nacionais como o PIB, emprego e produtividade do trabalho podem melhorar (MENTSIEV *et al.*, 2020), o que justifica a proposição de ações de incentivo e políticas de apoio para escolha e priorização de tecnologias que podem acelerar o processo de digitalização das empresas e, trazer impacto na economia do país como um todo.

### **3. Aspectos Metodológicos**

#### **3.1 Base de dados**

A base de dados utilizada foi obtida a partir dos microdados da pesquisa TIC Empresas 2021. Essa pesquisa é uma survey realizada pelo CETIC.br (<https://cetic.br/pt/pesquisa/empresas/>), departamento do Núcleo de Informação e Coordenação (NIC.br) que conduz pesquisas relacionadas ao acesso e uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) no Brasil desde 2005.

Foram utilizados os dados da edição de 2021 relativos à coleta que ocorreu entre agosto de 2021 e abril de 2022. O CETIC.br adota metodologias de pesquisa com base em orientações e parâmetros estabelecidos por organismos internacionais multilaterais, para manter a comparabilidade internacional. Assim, o universo abordado na pesquisa compreende todas as empresas brasileiras ativas com 10 ou mais pessoas ocupadas cadastradas no Cadastro Central de Empresas (Cempre) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), pertencentes aos setores da CNAE 2.0 de interesse da pesquisa TIC Empresas e à Natureza Jurídica 2 – entidades empresariais, exceto as empresas públicas (Natureza Jurídica 201-1). Por fim, conforme a pesquisa, o desenho da amostra considerou seleção por amostragem estratificada a partir de estratos formados pelo cruzamento das variáveis região geográfica, mercado de atuação e porte da empresa com alocação planejada de 7 mil empresas e realizada com 4064 empresas.

Ainda sobre a pesquisa relata-se que o contato foi feito por meio da técnica de entrevista telefônica assistida por computador (do inglês, *computer-assisted telephone interviewing [CATI]*)

buscando entrevistar o responsável pela área de informática, tecnologia da informação, gerenciamento da rede de computadores ou área equivalente. Para as organizações que declararam no momento da entrevista ter 250 ou mais pessoas ocupadas foi entrevistado um segundo profissional, preferencialmente o gestor da área contábil ou financeira. Ressalta-se que um procedimento de ponderação dá a cada empresa da amostra um peso amostral, obtido pela razão entre a quantidade de companhias existentes no estrato e o tamanho da amostra no estrato final correspondente e uma correção de não resposta para os casos em que não se obteve os retornos de todas as empresas selecionadas, o que permite expandir os resultados para o universo pesquisado.

### 3.2 Escolhas empíricas

Para avaliar a adoção combinada de várias tecnologias considerando as barreiras foram consideradas as variáveis relacionadas à adoção das seguintes tecnologias, a saber: Armazenamento em nuvem, Processamento em nuvem, Big Data, IoT e IA. Em relação às barreiras para adotar tecnologias foram utilizadas às questões: H13\_A, H13\_B, H13\_C, H13\_D, H13\_E, H13\_F, H13\_G, H13\_H, H13\_I. Os Quadros 1, 2 e 3 a seguir apresentam as definições dessas variáveis a partir da pesquisa TIC Empresas, optou-se por manter a codificação original da pesquisa para reprodutibilidade e referência em estudos futuros.

Quadro 1 – Variáveis selecionadas para o estudo – Adoção de Tecnologia

| Variável e código na TIC Empresas entre parênteses | Descrição da variável segundo a TIC Empresas  | Categorias de resposta |
|--|---|------------------------|
| Armazenamento em nuvem (B18_1_3)                   | Nos últimos 12 meses, a empresa pagou por serviço de armazenamento de arquivos ou banco de dados em nuvem?  | 0 = “Não”<br>1 = “Sim” |
| Processamento em nuvem (B18_1_4)                   | Nos últimos 12 meses, a empresa pagou por serviço de capacidade de processamento em nuvem?  | 0 = “Não”<br>1 = “Sim” |
| Big Data (H1)                                      | Nos últimos 12 meses, a sua empresa fez análises de big data?   | 0 = “Não”<br>1 = “Sim” |
| IoT (H7)   | Sua empresa usa dispositivos ou sistemas interconectados que podem ser monitorados ou controlados remotamente pela internet, conhecidos como “dispositivos inteligentes”, ou Internet das Coisas?   | 0 = “Não”<br>1 = “Sim” |
| IA (H9_AGREG)                                      | Se fez uma entre (Mineração de texto e análise da linguagem escrita; Reconhecimento de fala, que converte a linguagem falada em formato legível para máquinas; Geração de linguagem natural (GLN) para linguagem escrita ou falada; Reconhecimento e processamento de imagens, que identificam objetos ou pessoas; Machine learning , como deep learning , para predição e análise de dados; Automatização de processos de fluxos de trabalho ou Movimentação física de máquinas por meio de decisões autônomas como robôs, veículos e drones autônomos.) | 0 = “Não”<br>1 = “Sim” |

Fonte: Elaborado pelos autores

Ainda em relação as barreiras, por limitação da pesquisa TIC Empresas a definição envolveu a questão H13 (Por quais dos seguintes motivos a sua empresa não usa nenhuma dessas tecnologias de Inteligência Artificial?). Como pode ser observado, a questão possui nove itens (do A ao I) como resposta. No quadro 2, observa-se também que os nove itens foram classificados conforme a fundamentação em: 1) tecnológicas; 2) barreiras a nível organizacional e administrativo; 3) barreiras de recursos humanos; 4) barreiras financeiras; 5) barreiras de informação e conhecimento; 6) risco de segurança e 7) barreiras regulamentares. Por fim, essa questão foi aplicada somente para as empresas que possuíam área de TI e responderam “não”, “não Sabe” ou “não Respondeu” para a questão H9 que questiona a empresa a utilização de uma lista de tecnologias de Inteligência Artificial (Mineração de texto e análise da linguagem escrita; Reconhecimento de fala, que converte a linguagem falada em formato legível para máquinas; Geração de linguagem natural para linguagem escrita ou falada;

Reconhecimento e processamento de imagens, que identificam objetos ou pessoas; Machine learning, como deep learning, para predição e análise de dados; Automatização de processos de fluxos de trabalho; Movimentação física de máquinas por meio de decisões autônomas como robôs, veículos e drones autônomos).

Quadro 2 – Variáveis selecionadas para o estudo – Barreiras à adoção

| Código | Descrição da variável segundo a TIC Empresas  | Tipo de Barreiras                         |
|--------|---|---|
| H13_A  | Porque os custos parecem ser muito altos  | 4-Financeiras                             |
| H13_B  | Por falta de pessoas capacitadas na empresa para usar essas tecnologias   | 3-De Recursos Humanos                     |
| H13_C  | Por incompatibilidade com equipamentos, <i>software</i> ou sistemas existentes na empresa   | 1-Tecnológicas                            |
| H13_D  | Por dificuldades de disponibilidade ou qualidade dos dados necessários para o uso dessas tecnologias  | 5-De Informação e Conhecimento qualidade  |
| H13_E  | Por preocupações com relação à violação da proteção de dados e privacidade  | 6-Risco de segurança                      |
| H13_F  | Por falta de clareza sobre as consequências legais do uso dessas tecnologias, como em casos de danos causados pelo uso de Inteligência Artificial | 7-Regulamentares consequências            |
| H13_G  | Por considerações éticas  | 7-Regulamentares éticas                   |
| H13_H  | Porque as tecnologias de Inteligência Artificial não são úteis para a empresa   | 2-A nível organizacional e administrativo |
| H13_I  | Por falta de conhecimento sobre tecnologias de Inteligência Artificial adequadas para as atividades da empresa                                    | 5-De Informação e Conhecimento falta      |

Fonte: Elaborado pelos autores

Por fim, em relação as variáveis de controle, utilizou-se Porte da empresa, Região e Mercado de atuação.

Quadro 3 – Variáveis selecionadas para o estudo – Variáveis de controle

| Variáveis de controle | Descrição da variável segundo a TIC Empresas   | Categorias de resposta  |
|-----------------------|--|---|
| Porte da empresa      | Corresponde à divisão por pequenas, médias e grandes empresas conforme o número de pessoas ocupadas. Conforme cadastro de seleção. | 1 = “De 10 a 19 pessoas ocupadas”<br>2 = “De 20 a 49 pessoas ocupadas”<br>3 = “De 50 a 249 pessoas ocupadas”<br>4 = “250 pessoas ocupadas ou mais”  |
| Região                | Corresponde à divisão regional do Brasil, segundo critérios do IBGE, nas macrorregiões.  | 1 = NO: “Norte”<br>2 = NE: “Nordeste”<br>3 = SE: “Sudeste”<br>4 = SU: “Sul”<br>5 = CO: “Centro-Oeste”   |
| Mercado de atuação    | Corresponde à classificação das empresas nas seções da CNAE C, F, G, H, I, J, L + M + N, R + S.                                    | 1 = “Indústria de Transformação” - CNAE C<br>2 = “Construção” - CNAE F<br>3 = Serviços SIC: “Informação e Comunicação”; “Atividades imobiliárias”+ “Atividades profissionais, científicas e técnicas” + “Atividades administrativas e serviços complementares” - CNAE J,L+M+N<br>4 = Outros Serviços: “Comércio; reparação de veículos automotores, objetos pessoais e domésticos”; “Transporte, Armazenagem e Correio”; “Alojamento e Alimentação”; “Artes, cultura, esportes e recreação” + “Outras atividades de serviços”- CNAE G+H+I+R+S |

Fonte: Elaborado pelos autores

Após definição das variáveis foi necessário tratar a base bruta para definir a base de dados para análise. Do total de 4064 empresas coletadas na pesquisa TIC Empresas foram excluídas 61 por

declararem não terem utilizado Internet (questão B1=0) e outras 200 empresas por conta de os respondentes não terem respondido ou terem declarado “não sabe” nas questões: P3 (ter área de TI), B18\_1\_3, B18\_1\_4, H7. Para as variáveis Porte, Região, Mercado de atuação, H1 e H9\_AGREG não foram necessárias exclusões. Ao final desse processo, a base final ficou com 3803 empresas (93,6% da base bruta).

Como o objetivo de propor uma tipologia para avaliar o papel das barreiras na adoção combinada de tecnologias digitais por empresas brasileiras foi utilizada análise de agrupamento e, posteriormente, análise das tabelas de contingências para avaliar a associação entre a adoção de tecnologias digitais e as barreiras. Com esta abordagem, foi possível avaliar o relacionamento entre as duas classificações e compreender melhor a relação entre as tecnologias e as barreiras no cenário brasileiro.

Para análise de agrupamento foi utilizado o algoritmo *k-modes* (pacote *KlaR* no software *R*), uma extensão do *k-means* para dados categóricos, que possibilita também uso em dados dicotômicos. Este algoritmo funciona a partir das modas (valor mais frequente) nos grupos ao invés das médias, pois não pode ser aplicado nesse caso de variáveis não contínuas.

#### 4. Apresentação e Discussão dos Resultados

Para referência geral, a Tabela 1 apresenta a distribuição da adoção para cada tecnologia, estimando os totais pela amostra total da pesquisa (base bruta). Na Tabela 1 observa-se as tecnologias digitais que estão sendo adotadas pelas empresas brasileiras. Como pode ser observado, em relação a nuvem, por volta da metade das empresas a utiliza para o armazenamento de dados, enquanto aproximadamente um terço delas realizaram para processamento. Para as demais tecnologias o uso ainda é incipiente: cerca de 15% e 13% usou IoT e IA, respectivamente e 6,5% se utilizam de Big Data. Há, portanto, amplo potencial a ser ampliado na adoção de tecnologias digitais por parte das empresas brasileiras, sendo relevante compreender os fatores que contribuem e inibem sua adoção.

Tabela 1 - Estimativas dos totais e percentuais em relação às variáveis dependentes

| Variável               | Categorias | Total   | Percentual |
|------------------------|------------|---------|------------|
| Armazenamento em nuvem | Não        | 260.568 | 54,88%     |
|                        | Sim        | 214.197 | 45,12%     |
| Processamento em nuvem | Não        | 333.544 | 70,25%     |
|                        | Sim        | 141.221 | 29,75%     |
| Big Data               | Não        | 178.013 | 37,50%     |
|                        | Sim        | 30.987  | 6,53%      |
|                        | 99         | 265.764 | 55,98%     |
| IoT                    | Não        | 138.563 | 29,19%     |
|                        | Sim        | 70.437  | 14,84%     |
|                        | 99         | 265.764 | 55,98%     |
| IA                     | Não        | 411.121 | 86,59%     |
|                        | Sim        | 63.644  | 13,41%     |

Fonte: Elaborado pelos autores

O próximo passo foi realizar a análise de agrupamento com o algoritmo *k-modes* (pacote *KlaR* no software *R*) duas vezes, uma para a adoção e outra para as barreiras. A primeira aplicação apresentada na Tabela 2 mostra como resumo para a interpretação preliminar dos grupos as modas (valor mais frequente), sendo o valor 1 adoção da tecnologia e 99 (não ter área de TI, filtro para as questões Big Data e IoT). Ao observar as modas para cada um dos quatro grupos formados nota-se

que: no A1, a maioria das empresas “não adotam tecnologias”, no A2 a maioria das empresas “apenas armazenam na nuvem”, já no A3 a maioria das empresas armazenam e processam dados na nuvem, além de ter adotado Big Data e IA e, por fim, no A4 a maioria das empresas se utilizam da nuvem para armazenar e utilizam IoT e IA. Com os agrupamentos foi possível distinguir perfis bem distintos de maturidade e de adoção dessas tecnologias digitais.

Tabela 2 – Modas para as variáveis para os quatro grupos de adoção formados

| Variável               | Grupos Adoção |        |       |       |
|------------------------|---------------|--------|-------|-------|
|                        | A1            | A2     | A3    | A4    |
| Armazenamento em nuvem | 0             | 1      | 1     | 1     |
| Processamento em nuvem | 0             | 0      | 1     | 0     |
| Big Data               | 99            | 0      | 1     | 0     |
| IoT                    | 99            | 0      | 0     | 1     |
| IA                     | 0             | 0      | 1     | 1     |
| n (amostra)            | 1712          | 1179   | 427   | 485   |
| N (população)          | 275401        | 118008 | 35473 | 44309 |
| % amostra              | 45,0%         | 31,0%  | 11,2% | 12,8% |
| % população            | 58,2%         | 24,9%  | 7,5%  | 9,4%  |

Fonte: Elaborado pelos autores

A segunda aplicação, apresentada na Tabela 3 apresenta as modas (valor mais frequente) para os quatro grupos formados. Nota-se que: no B1, a maioria das empresas possuem barreiras “de nível organizacional e administrativo”, no B2 a maioria das empresas classificadas possuem barreiras “financeiras”, no B3 a maioria das empresas assinalaram todas as barreiras e, por fim, no B4 há a maioria das empresas com barreiras “tecnológicas”. Assim, foi possível distinguir perfis distintos de dificuldade na adoção das tecnologias digitais com aparente diferença de maturidade entre os grupos. Para esclarecimento, a informação de barreiras foi respondida por 1397 empresas, reforçando que as outras 2406 empresas usaram IA e, portanto, não responderam a questão sobre as barreiras.

Tabela 3 – Modas para os tipos de barreiras para os quatro grupos formados

| Tipo Barreira                             | Grupos Barreiras |       |       |       |
|---|------------------|-------|-------|-------|
|   | B1               | B2    | B3    | B4    |
| 4-Financeiras                             | 0                | 1     | 1     | 0     |
| 3-De Recursos Humanos                     | 0                | 0     | 1     | 0     |
| 1-Tecnológicas                            | 0                | 0     | 1     | 1     |
| 5-De Informação e Conhecimento qualidade  | 0                | 0     | 1     | 0     |
| 6-Risco de segurança                      | 0                | 0     | 1     | 0     |
| 7-Regulamentares consequências            | 0                | 0     | 1     | 0     |
| 7-Regulamentares éticas                   | 0                | 0     | 1     | 0     |
| 2-A nível organizacional e administrativo | 1                | 0     | 1     | 0     |
| 5-De Informação e Conhecimento falta      | 0                | 0     | 1     | 0     |
| n (amostra)                               | 423              | 264   | 400   | 310   |
| N (população)                             | 42991            | 26333 | 38392 | 32496 |
| % amostra                                 | 30,3%            | 18,9% | 28,6% | 22,2% |
| % população                               | 30,7%            | 18,8% | 27,4% | 23,2% |

Fonte: Elaborado pelos autores

Em um exercício de nomear os grupos segundo as suas características, foi proposta a tipologia A, de adoção: A1 são os “Hesitantes”; A2 como os “Iniciantes”; A3 com grupo com “Foco analítico”; e A4 grupo com “Foco integração”. E, em relação as barreiras proposta a tipologia B, de barreiras: B1 grupo com “Dificuldades Organizacionais”; B2 grupo com “Dificuldades Financeiras”; B3 grupo “Todas as dificuldades” e B4 grupos com “Dificuldades Tecnológicas”.

Analisando as duas tipologias (A e B) em conjunto, tabela 4, observa-se que: A maioria das empresas do grupo dos “Hesitantes” ficaram classificadas no grupo “Todas as barreiras” (34%) e “Dificuldades Tecnológicas” (24%). Em relação ao segundo grupo de maturidade, grupo “Iniciantes”, a maioria das empresas ficaram classificadas no grupo de barreiras “Dificuldades Organizacionais” (33%) e “Todas as dificuldades” (26%). Observando as empresas dos grupos de adoção mais avançados “Foco analítico” e “Foco integração”, nota-se que a maioria das empresas se classificou no grupo das barreiras denominadas “Todas as dificuldades” e “Dificuldades Financeiras”, 26,81% e 33,50%, respectivamente.

Já pelo lado das menores barreiras para os grupos de adoção, observa-se nos grupos com menos maturidade de adoção (A1 e A2) menores percentual de empresas com “Dificuldades Financeiras” (18% e 17%), talvez pela falta de investimento nesse estágio inicial de adoção. O que destoa dos grupos mais avançados na adoção (A3 e A4), pois o grupo com “Foco analítico” (A3) apresentou menor percentual de empresas com “Dificuldades Organizacionais” e o grupo com “Foco integração” (A4) menor percentual de empresas com “Dificuldades Tecnológicas”. O que pode sugerir que a adoção de mais tecnologias digitais (nuvem, IA, IoT e Big Data) foi escolha que faz parte de posicionamento estratégico e, por isto, possuem menor dificuldade tecnológica e organizacional para adoção.

Por fim, as tipologias foram analisadas em relação as variáveis de controle (Porte da empresa, Região e Mercado de atuação). Observa-se na tabela 5 a distribuição das empresas por essas variáveis de controle para cada tipologia, sendo apresentada a distribuição marginal. Assim, para a adoção (tipologia A) observa-se a seguinte distribuição para as variável de controle: para Porte temos: 87,5%; 10,3% e 2,1%, para Região: 4,4%; 15,4%; 50,9%; 21,2 e 8,1%, e para Mercado de atuação: 19,6%; 7,1%; 16,3% e 57,0%. Deste modo, observou-se para cada grupo de adoção qual distoa desses percentuais marginais.

O grupo A1 apresentou maior percentual de empresas do menor porte (94% das empresas) enquanto os grupos A3 e A4 ficaram com maior percentual de empresas de maior porte (7% e 5%), comparativamente. Em relação a região, o que destoou do geral foi o grupo A4, com menor percentual no Sul (16%) e maior no Centro-Oeste (13%), proporcionalmente. Em relação ao mercado de atuação, observou-se que o grupo A3 e A4 possuem mais empresas SIC e menos de “Outros serviços”, com percentuais por volta de 25% e 51%, comparados com a proporção marginal de 16% e 57%, respectivamente.

Em relação a tipologia B para as barreiras, notou-se que o grupo B1 destoa com maior percentual de empresas menores (84%). Em relação a distribuição regional, os grupos B1 e B2 (Dificuldades Organizacionais e Financeiras) possuem menor proporção de empresas no Nordeste (13%) e maiores no Sudeste (55% e 53%, respectivamente). Já no grupo B4 de barreiras tecnológicas, há menor proporção de empresas no Sul (17%) e maior no Nordeste (21%). Sobre o setor de atuação, quando comparados com a distribuição marginal para Indústria, Construção, SIC e Outros Serviços com percentuais de 17,2%; 5,1%; 18,8% e 58,8%, respectivamente, notou-se que: o grupo B1, de barreiras organizacionais possuem menor proporção de empresas na Indústria (11%) e maior em serviços, SIC (21%) e outros serviços (63%), já o grupo B2, de barreiras financeiras, apresentou maior proporção de empresas em Indústria (23%) e SIC (21%) e menor em outros serviços (50%), o grupo B3, no qual a maioria assinalou todas as dificuldades, mostrou maior proporção de empresas de outros serviços (62%) e, por último o grupo B4, barreiras tecnológicas, que possuem maior percentual de indústrias (23%) e menor em SIC (16%).

Estes resultados preliminares permitem inferir que o perfil de adoção das tecnologias digitais difere em relação ao porte, setor e região, explicitando a heterogeneidade da estrutura industrial brasileiras. Iniciativas, ações e políticas distintas são necessárias para reduzir as barreiras à adoção

das tecnologias digitais, bem como para incentivar que as empresas ampliem a adoção de tecnologias digitais de maior complexidade. Os setores de SICs enfrentam menores barreiras tecnológicas, visto suas características, bem como na média, as empresas adotam as tecnologias digitais mais complexas.

Tabela 4 – Distribuição das empresas segundo as duas tipologias

| Tipologia A           | Tipologia B                  |                          |                       |                           | Nomenclatura A  |
|-----------------------|------------------------------|--------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------|
|                       | B1                           | B2                       | B3                    | B4                        |                 |
| A1                    | 22,3%                        | 18,0%                    | 33,9%                 | 25,9%                     | Hesitantes      |
| A2                    | 33,2%                        | 16,9%                    | 26,4%                 | 23,5%                     | Iniciantes      |
| A3                    | 15,1%                        | 26,8%                    | 33,5%                 | 24,5%                     | Foco Analítico  |
| A4                    | 23,8%                        | 29,9%                    | 28,3%                 | 18,0%                     | Foco Integração |
| <b>Nomenclatura B</b> | Dificuldades Organizacionais | Dificuldades Financeiras | Todas as dificuldades | Dificuldades Tecnológicas |                 |

Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 5 – Distribuição das empresas segundo cada tipologia e as variáveis de controle

|             |              | Porte da empresa |              |             | Região      |              |              |              |             | Mercado de atuação |             |              |                 |
|-------------|--------------|------------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------------|-------------|--------------|-----------------|
|             |              | 2                | 3            | 4           | NO          | NE           | SE           | SU           | CO          | Indústria          | Construção  | SIC          | Outros Serviços |
| Tipologia A | A1           | 93,7%            | 5,8%         | 0,5%        | 3,9%        | 15,8%        | 50,0%        | 22,5%        | 7,9%        | 21,0%              | 8,3%        | 12,5%        | 58,2%           |
|             | A2           | 79,9%            | 16,6%        | 3,5%        | 5,1%        | 15,3%        | 52,6%        | 20,2%        | 6,8%        | 16,8%              | 5,6%        | 19,4%        | 58,1%           |
|             | A3           | 74,2%            | 19,2%        | 6,6%        | 4,5%        | 13,6%        | 52,0%        | 20,9%        | 9,0%        | 18,8%              | 5,3%        | 24,9%        | 51,0%           |
|             | A4           | 80,2%            | 14,7%        | 5,1%        | 5,9%        | 14,4%        | 51,0%        | 15,9%        | 12,8%       | 18,4%              | 4,9%        | 24,9%        | 51,8%           |
|             | <b>Total</b> | <b>87,5%</b>     | <b>10,3%</b> | <b>2,1%</b> | <b>4,4%</b> | <b>15,4%</b> | <b>50,9%</b> | <b>21,2%</b> | <b>8,1%</b> | <b>19,6%</b>       | <b>7,1%</b> | <b>16,3%</b> | <b>57,0%</b>    |
| Tipologia B | B1           | 84,2%            | 12,7%        | 3,1%        | 3,0%        | 13,3%        | 54,4%        | 20,9%        | 8,3%        | 11,3%              | 5,5%        | 20,5%        | 62,7%           |
|             | B2           | 79,6%            | 15,9%        | 4,5%        | 5,5%        | 12,9%        | 52,9%        | 20,1%        | 8,7%        | 23,3%              | 5,5%        | 21,3%        | 49,9%           |
|             | B3           | 78,5%            | 18,3%        | 3,2%        | 7,2%        | 17,6%        | 44,9%        | 20,5%        | 9,8%        | 14,9%              | 5,2%        | 17,5%        | 62,5%           |
|             | B4           | 79,2%            | 17,0%        | 3,7%        | 4,2%        | 20,6%        | 49,8%        | 17,1%        | 8,3%        | 22,8%              | 4,3%        | 16,2%        | 56,7%           |
|             | <b>Total</b> | <b>80,6%</b>     | <b>15,9%</b> | <b>3,5%</b> | <b>4,9%</b> | <b>16,1%</b> | <b>50,4%</b> | <b>19,8%</b> | <b>8,8%</b> | <b>17,2%</b>       | <b>5,1%</b> | <b>18,8%</b> | <b>58,8%</b>    |

Fonte: Elaborado pelos autores

## 5. Conclusões

Com o avanço da digitalização e o desenvolvimento das tecnologias digitais e por conta da vasta gama de utilizações, cruciais para diversos setores da economia, são vários os desafios a serem enfrentados na área. Com isso, observa-se crescente interesse da academia em estudos sobre a adoção das tecnologias digitais, tanto pela necessidade de abordagens adequadas para avaliar essa adoção quanto para entender as barreiras que impedem o alcance de seus benefícios pelas empresas.

Com a adoção das tecnologias digitais pelas empresas há a possibilidade delas obterem benefícios como a melhora em seus processos, na sua eficiência, produtividade e na tomada de decisões. Apesar desses benefícios algumas empresas apresentam dificuldades para a adoção dessas tecnologias digitais, o que remete aos desafios ou barreiras, que incluem custos, falta de informação e capacitação, impactos operacionais e segurança de dados.

A partir de estudos sobre a adoção de tecnologias e suas barreiras são gerados conhecimentos para que as empresas reflitam e melhorem as escolhas e priorização de tecnologia que se adequem as suas necessidades, podendo implicar no impacto na economia do país como um todo. No contexto brasileiro, estudos recentes identificaram que a adoção de tecnologias digitais varia de acordo com o porte da empresa e a intensidade tecnológica do setor. Assim, empresas maiores teriam mais recursos e incentivos para a adoção mais rápida de tecnologias digitais. Em relação ao setor, os serviços classificados como Serviços Intensivos em Conhecimento (SICs) podem ter desempenho diferenciado visto que alguns setores são também provedores e desenvolvedores de tecnologias digitais. Porém, nem todas as organizações utilizam as tecnologias digitais ou o fazem de forma parcial, segundo seus interesses, fato que também pode estar relacionado à falta de conhecimentos e competências ou à falta de clareza dos benefícios de cada tecnologia.

Nesse contexto, surge a oportunidade de aprofundar a discussão sobre a complexidade da adoção de diversas tecnologias, segundo diversas barreiras. Assim, neste artigo foi proposta uma forma mais ampla de avaliar a adoção combinada de várias tecnologias considerando as barreiras que podem influenciar essa adoção, isto feito com uso de microdados da TIC Empresas e Análise de Agrupamento para propor uma Tipologia.

Os resultados fornecem insumos para a proposição de políticas e ações para ampliar a adoção de tecnologias digitais, entre os principais achados:

1) A proposição de Tipologias “A” e “B”, para adoção e barreiras de tecnologia digitais, respectivamente com os grupos: Hesitantes (A1); Iniciantes (A2); Foco analítico (A3) e Foco integração (A4) e, Dificuldades Organizacionais (B1); Dificuldades Financeiras (B2); Todas as dificuldades (B3) e Dificuldades Tecnológicas (B4);

2) Relação entre as duas tipologias com: a) maior proporção de empresas “Hesitantes” com “Todas as barreiras” e com “Dificuldades Tecnológicas”; b) “Iniciantes” com mais “Dificuldades Organizacionais” e “Todas as dificuldades”; c) “Foco analítico” e “Foco integração”, mais relacionadas com “Todas as dificuldades” e “Dificuldades Financeiras”; d) Grupos com menos maturidade de adoção (A1 e A2) possuem menos “Dificuldades Financeiras” e grupos com mais maturidade (A3 e A4) com menos “Dificuldades Organizacionais” (A3) e menos “Dificuldades Tecnológicas” (A4).

4) Empresas de menor porte, em geral, no grupo A1 e de maior porte no A3 e A4; menor percentual no Sul e maior no Centro-Oeste no grupo A4; mais empresas SIC e menos de “Outros serviços” em A3 e A4; maior percentual de empresas menores (no grupo B1); menor proporção de empresas no Nordeste e maiores no Sudeste nos grupos B1 e B2 (de Dificuldades Organizacionais e Financeiras); menor proporção de empresas no Sul e maior no Nordeste (no B4 de barreiras tecnológicas); menor proporção de empresas na Indústria e maior em serviços (SIC e outros serviços) no B1, de barreiras organizacionais; maior proporção de empresas em Indústria e SIC e menor em outros serviços (grupo B2, de barreiras financeiras); O grupo B3 (todas as dificuldades) mostrou maior proporção de empresas de outros serviços e o grupo B4, de barreiras tecnológicas, possuem maior percentual de indústrias e menor em SIC.

Os grupos identificados ilustram uma significativa heterogeneidade das empresas em termos de tipos de tecnologias adotadas e de barreiras enfrentadas, o que remete à necessidade de distintas iniciativas e políticas. As ações e políticas necessárias são de distintas naturezas e abrangência, sendo exemplos: a) investimentos estratégicos em infraestrutura digital; b) estabelecimento de regulamentações; c) promoção da literância digital; d), linhas de financiamento direcionadas; e), incentivos e suporte para mudanças organizacionais e de processos e para implementação de estratégias digitais (SENNÁ *et al.*, 2022; LEI *et. al.*, 2024).

A adoção de tecnologias digitais é um passo necessário para que as empresas possam, posteriormente, avançar em estratégias competitivas ancoradas na inovação digital, ampliando suas oportunidades de crescimento (LEI *et. al.*, 2024). Os resultados da transformação digital podem ser na agregação de valor para o consumidor, na transformação de produtos e serviços ou no modelo de negócio. Independentemente dos resultados alcançados, ao longo do processo, outras barreiras podem surgir, o que remete à importância da existência de um amplo conjunto de ações e iniciativas capazes de abranger as empresas com diferentes estágios de adoção, tamanho e setor, como evidenciado pela tipologia construída neste artigo.

## Referências bibliográficas

ALBERTIN, A. L., MOURA ALBERTIN, R. M. Transformação digital: Gerando valor para o “novo futuro”. *GV Executivo*, 2021.

BALDWIN, J., LIN, Z. Impediments to advanced technology adoption for Canadian manufacturers. *Research policy*, 31(1), 1-18, 2002.

BAYO-MORIONES, A., LERA-LÓPEZ, F. A firm-level analysis of determinants of ICT adoption in Spain. *Technovation*, 27(6-7), 352-366, 2007.

CARROL, W. R., WAGAR, T. H. Is there a relationship between information technology adoption and human resource management? *Journal of Small Business and Enterprise Development*, 17(2), 218-229, 2010.

CASTELLACCI, F. Technological paradigms, regime and trajectories: manufacturing and service industries in a new taxonomy of sectoral patterns of innovation. *Research Policy*, 37, p. 978-994, 2008.

CORREIA, A. B., DEUS, P., BAPTISTA, J. R. Indústria 4.0: Construir a empresa digital. PricewaterhouseCoopers Portugal, 1(1), 1-30, 2016.

CNI, “Industry 4.0: A new challenge for Brazilian industry”, *Pesquisa Especial sobre a Indústria 4.0*, Ano 17, Número 2/Abril, 2016, Confederação Nacional da Indústria, Brasília, [https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer\\_public/13/e7/13e7e7bd-9b1d-4c16-8099-99b6d844d04e/special\\_survey\\_industry\\_40.pdf](https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/13/e7/13e7e7bd-9b1d-4c16-8099-99b6d844d04e/special_survey_industry_40.pdf).

D’ESTE, P., IAMMARINO, S., SAVONA, M., von TUNZELMANN, N. What hampers innovation? Revealed barriers versus deterring barriers. *Research policy*, 41(2), 482-488, 2012.

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

FERRAZ, J. C., D. KUPFER, J. TORRACCA, and J. N. P. BRITO. ‘Snapshots of a state of flux: how Brazilian industrial firms differ in the adoption of digital technologies and policy implications.’ *Journal of Economic Policy Reform* 23(4): 390–407, 2019. DOI:1 0.1080/17487870.2019.1578651.

FERRAZ, J. C.; RUSH, H.; MILES, I. Development, technology and flexibility: Brazil faces the Industrial Divide. London: Routledge, 1992.

GAMBARDELLA, A.; TORRISI, S. Does technological convergence imply convergence in markets? Evidence from the electronics industry. *Research Policy*, v. 27, p. 445-463, 1998.

HEERINGA, S., WEST, B., & BERLUND, P. Applied Survey Data Analysis. New York, NY: Chapman and Hall, 2017. <https://doi.org/10.1201/9781315153278>.

HERTOG, P. D. Knowledge-intensive business services as co-producers of innovation. *International Journal of Innovation Management*, v.4, n.4, p.491-528, 2000.

HEROLD, D. M., Ćwiklicki, M., Pilch, K., & Mikl, J. The emergence and adoption of digitalization in the logistics and supply chain industry: an institutional perspective. *Journal of Enterprise Information Management*, 34(6), 1917-1938, 2021.

- IEL. Indústria 2027: Riscos e oportunidades para o Brasil diante de inovações disruptivas. Brasília: IEL, 2018 [https://static.portaldaindustria.com.br/media/uploads/arquivos/01.Indústria\\_2027\\_MEI.pdf](https://static.portaldaindustria.com.br/media/uploads/arquivos/01.Indústria_2027_MEI.pdf)
- KARABULUT, Digital innovation: An antecedent for digital transformation. *International Journal of Commerce and Finance*, 6(2), 179-186, 2020.
- KRAM, M. S. Drivers and barriers to online shopping in a newly digitalized society. *TEM Journal*, 7(1), 118-127, 2018.
- KUBOTA, L. C. (org.). Digitalização e tecnologias da informação e comunicação: oportunidades e desafios para o Brasil. Rio de Janeiro: Ipea, 2024. ISBN: 978-65-5635-066-0. <http://dx.doi.org/10.38116/9786556350660>.
- LEI, J., INDIRAN, L., KOHAR, U. H. A., LIU, H. Digital Innovation in Emerging Economies: A Comparative Review of India, Malaysia, China, and Indonesia. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 14(1), 3207–3227, 2024.
- MAHMOOD, M.A., Hall, L., Swanberg, D.L. Factors affecting information technology usage: a meta analysis of the empirical literature. *Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce* 11(2), 107–130, 2021.
- MENTSIEV, A. U., ENGEL, M. V., TSAMAEY, A. M., ABUBAKAROV, M. V., YUSHAeva, R. S. The Concept of Digitalization and Its Impact on the Modern Economy. International Scientific Conference Far East Con (ISCFEC 2020), 2960-2964, 2020.
- MILES, I. Innovation in services. In: FAGERBERG, Jan; MOWERY, David C.; NELSON, Richard R (Editores). *The Oxford handbook of innovation*. Oxford: Oxford University Press, 2005. cap. 16, p. 433-458, 1995.
- MOSTEANU, N. R. Challenges for organizational structure and design as a result of digitalization and cybersecurity. *The Business & Management Review*, 11(1), 278-286, 2020.
- NÄHLINDER, J. Innovation and employment in services: the case of the knowledge intensive business services in Sweden. Suécia: Unitryck Linkoping, 2005.
- NELSON, R.; WINTER, S. G. An evolutionary theory of economic change. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1982.
- RUIZ, A. U.; TORRACA, J.; BRITTO, J.; FERRAZ, J. C. Factors determining the path of digital technologies adoption of Brazilian industrial firms. *Revista Brasileira de Inovação*, Campinas, SP, v. 22, n. 00, p. 1–35, 2023. DOI: 10.20396/rbi.v22i00.8668448.
- SESTINO, A., PRETE, M. I., PIPER, L., GUIDO, G. Internet of Things and Big Data as enablers for business digitalization strategies. *Technovation*, 98(1), 102173, 2020.
- SOLIS, B. R. I. A. N. The Digital Change Agent’s Manifesto. Altimeter, 1-29, 2017.
- SZALAVETZ, A. Digitalisation, automation and upgrading in global value chains–factory economy actors versus lead companies. *Post-Communist Economies*, 31(5), 646-670, 2019.
- SEBASTIAN, I. M., ROSS, J. W., BEATH, C., MOCKER, M., MOLONEY, K. G., & FONSTAD, N. O. How big old companies navigate digital transformation. *MIS Quarterly Executive*, 16(3), 197–213, 2017.

SENNA, P.P.; FERRERIA, L. M. D.F.; BARROS, A.C.; ROCA, J.B, MAGALHÃES, V. Prioritizing barriers for the adoption of Industry 4.0 technologies, *Computers & Industrial Engineering*, Volume 171, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108428>

TELES, A. C. C. Impacto das barreiras à digitalização na adoção de tecnologias digitais nas empresas portuguesas. 2023. Dissertação de Mestrado. Universidade do Minho, Braga, Portugal. Disponível em: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/85843>.

TORRACCA, J.; FERRAZ, J. C.; BRITTO, J.; URRACA-RUIZ, A. Digital heterogeneities in developing countries: a comparative analysis. *Revista Brasileira de Inovação*, Campinas, SP, v. 22, n. 00, p. 1–35, 2023. DOI: 10.20396/rbi.v22i00.8668616.

ULLAH, F., SEPASGOZAR, S. M., THAHEEM, M. J., & AL-TURJAMN, F. Barriers to the digitalisation and innovation of Australian Smart Real Estate: A managerial perspective on the technology non adoption. *Environmental Technology & Innovation*, 22(1), 101527, 2021.