

Requisitos de infraestrutura para a sustentabilidade da Inteligência Artificial

1 Introdução

A convergência entre a inovação tecnológica acelerada, ilustrada por Meirelles (2022), e a necessidade de pilares sólidos para suportá-la, destacada por Furr *et al.* (2022), apresenta um desafio complexo para as organizações. Este desafio é o estabelecimento de uma infraestrutura robusta para suportar a adoção sustentável de tecnologias avançadas (Dhliwayo; Chebo, 2022). A definição de “sustentabilidade” adotada para esta pesquisa é “a capacidade de conservação de um processo ou sistema” (Ferreira, 2004).

Com base nisso, o objetivo geral deste estudo é responder à pergunta: “Quais os componentes críticos de infraestrutura técnica e organizacional para a implementação sustentável de tecnologias avançadas, principalmente dos algoritmos de Inteligência Artificial (IA)?”. Este objetivo explora os interesses da linha de pesquisa Inteligência Artificial - Aplicações de IA, investigando como esses recursos são aplicados nas organizações e abordando não apenas a parte técnica, mas também a integração da ferramenta aos processos, a eficácia e sustentabilidade.

A relevância deste trabalho é dada pela observação crítica de que existe uma lacuna nos estudos sobre como os elementos técnicos e organizacionais interagem. Embora análises como *“The Evolving State of Digital Transformation”* (Chakraborty *et al.*, 2020), tenham lançado luz sobre os desafios da Transformação Digital (TD), ainda existe uma necessidade premente de abordar a desconexão entre o desenvolvimento tecnológico e a criação de estratégias e processos robustos e automatizados para sustentá-lo.

O primeiro objetivo específico emerge da lacuna descrita acima, focando na análise interna das organizações e funcionando como um elo entre influências externas e consequências internas. Esta exploração partirá da questão: “Como a resistência cultural, sem a devida gestão de mudanças, fortalece os efeitos da obsolescência tecnológica, impedindo que os sistemas possam ser facilmente atualizados ou substituídos conforme necessário?”. Este objetivo permitirá explorar a inércia cultural e analisar os pontos críticos onde essa resistência impacta negativamente a implementação sustentável de tecnologias avançadas.

A partir da compreensão das dinâmicas internas, o último objetivo tem como intuito avançar para examinar a dicotomia entre a aparência de inovação tecnológica e a realidade da infraestrutura subjacente. Neste momento será analisado se as organizações estão mais engajadas em promover uma imagem de avanço tecnológico do que realmente desenvolver uma base sólida que suporte-o de forma contínua. Para tal, o objetivo será responder à pergunta “Em que medida as organizações focam mais em projetar uma imagem de avanço tecnológico em vez de estabelecer de fato fundamentos sólidos para sua implementação sustentável?”.

Com o intuito de investigar essa complexa inter-relação, o estudo começará com uma revisão sistemática. Durante a revisão, serão estabelecidos critérios para avaliar a maturidade tecnológica e de gestão de mudanças. Então, serão conduzidos estudos de caso em diversas organizações que serão categorizadas com base nos critérios estabelecidos previamente. Por fim, será realizada uma análise cruzada das informações coletadas conforme será detalhado na metodologia.

2 Referencial Teórico

A digitalização, tradicionalmente entendida como a transição de processos analógicos para digitais, é a base da TD. Contudo a TD vai além, sendo a adoção dessas tecnologias digitais para transformar processos e serviços, atuando como uma força disruptiva que reconfigura as estruturas organizacionais e modelos de negócios. Assim, a TD é um vetor transformador complexo que exige uma abordagem multifacetada para sua implementação eficaz (Ifenthaler *et al.*, 2021).

Dada esta complexidade, estudos como os de Furr *et al.* (2022) demonstram que a TD é sustentada por quatro pilares fundamentais: elevação da Tecnologia da Informação (TI), digitalização de operações, marketing digital e o desenvolvimento de novos empreendimentos digitais. Dentre eles, a elevação da TI é particularmente crítica, pois envolve a modernização da infraestrutura existente para permitir a implementação eficaz de tecnologias avançadas, incluindo a IA. No entanto, muitos desses estudos assumem uma correlação direta entre modernização da infraestrutura e qualidade das aplicações, sem considerar que variáveis intermediárias, como cultura organizacional e práticas de governança de dados, podem influenciar essa relação.

Neste contexto, a IA representa um campo particularmente sensível à qualidade da infraestrutura disponível. Estudos como o de Chakraborty *et al.* (2020) têm mostrado que a eficácia das soluções de IA dependem não apenas da sofisticação dos algoritmos e servidores, mas também da qualidade dos dados alimentados a esses sistemas. Dados mal gerenciados ou que dependem significativamente da intervenção humana podem comprometer a confiabilidade dos modelos, resultando em sistemas que são ineficazes ou potencialmente prejudiciais.

Assim, estratégias robustas de coleta e técnicas de enriquecimento são essenciais para manter sua integridade. A governança de dados, apoiada por uma infraestrutura tecnológica sólida, garante não apenas o atendimento desses critérios, mas também que as aplicações estejam em conformidade com regulamentações de proteção, essenciais para manter a confiança dos usuários e a viabilidade legal das soluções (Jagadish *et al.*, 2014). Além disso, a arquitetura de hardware adequada também é essencial para a longevidade dos sistemas de IA, sua ausência pode levar a gargalos no desempenho, reduzindo a

acurácia e aumentando o tempo de convergência do modelo, fatores que são determinantes na integração da IA aos processos organizacionais (Zaharia *et al.*, 2016).

De acordo com Bughin e Zeebroeck (2017), a inovação tecnológica deve ser paralela às transformações nas práticas e cultura corporativa para que a tecnologia possa ser efetivamente integrada. Diante disso, há ainda a necessidade de uma infraestrutura que vai além da simples capacidade técnica, isto é, uma infraestrutura organizacional. Neste contexto, a Capacidade de Inovação Tecnológica (TIC) é uma área fundamental no campo da gestão da inovação, combinando a inovação e a capacidade organizacional de adotar novas ideias e tecnologias.

Dhliwayo e Chebo (2022) destacam que a TIC assegura a sustentabilidade a longo prazo, enfatizando a importância de uma abordagem integrada. No entanto, também afirmam que ainda há necessidade de pesquisas empíricas que testem a extensão dessa contribuição para a sustentabilidade das aplicações. À vista disso, esta pesquisa visa expandir o estado da arte ao explorar os aspectos determinantes para a implementação sustentável de tecnologias avançadas. Enquanto os estudos existentes frequentemente se concentram em aspectos isolados da TD ou da IA, ao investigar essa interação, o projeto propõe um modelo compreensivo que avalia a TIC e a eficácia da TD de forma empírica, identificando os principais requisitos para que a tecnologia possa ser implementada de forma sustentável e as práticas que garantem sua viabilidade contínua.

3 Metodologia

Será adotada uma abordagem metodológica mista que iniciará com uma revisão sistemática da literatura sobre gestão de mudanças e maturidade tecnológica e de infraestrutura. Os artigos serão selecionados com base em critérios que ainda estão em definição. Esta abordagem ajudará a construir uma base sólida de conhecimento e definirá os parâmetros usados nas demais etapas da pesquisa.

Com base na revisão conduzida, será desenvolvido um conjunto de critérios que permitam categorizar as empresas em um gráfico de quadrantes segundo dois eixos principais: o grau de maturidade técnica (eixo x), avaliando aspectos como a integração de sistemas, servidores, robustez de código e a automação de processos; e o segundo eixo, o grau de maturidade em gestão da TD (eixo y) que inclui a gestão de mudanças, o uso de metodologias ágeis na gestão de projetos, o incentivo à inovação e liderança. Esses critérios serão fundamentais para estabelecer um modelo de avaliação para classificar as empresas conforme sua TIC.

Após a definição desses parâmetros, a próxima fase será a realização de estudos de caso em uma seleção diversificada de empresas. A análise nesta etapa focará em como essas organizações se posicionam nos quadrantes definidos anteriormente por meio

de avaliações tanto organizacionais quanto técnicas, incluindo a análise de códigos-fonte, quando disponíveis. Neste momento é essencial que a análise seja conduzida nos níveis micro dos processos, onde automatizações pontuais podem ocorrer, mas também no nível macro, para garantir que a automação contribua de forma coesa ao funcionamento global.

Concluída a etapa dos estudos de caso, os dados coletados serão armazenados e analisados utilizando técnicas de análise exploratória e Machine Learning (ML), com o uso da linguagem *Python* e bibliotecas como *StatsModels* e *Scikit-Learn*. As técnicas e local de armazenamento serão definidas após o estudo dos tipos de dados coletados, além disso, sempre que viável, serão sintetizados em formato gráfico por meio da ferramenta *Microsoft Power BI*. Esta análise permitirá identificar padrões e relações causais que influenciam a maturidade tecnológica e TIC. Paralelamente, serão utilizadas bibliotecas como NLTK e TextBlob para analisar dados coletados de redes sociais com o intuito de avaliar imagem de avanço tecnológico projetada pela empresa em uma escala a ser determinada.

Já na fase final do estudo, serão sintetizadas as descobertas para identificar padrões emergentes, uma análise cruzada permitirá a exploração da relação entre as expectativas de avanço e a realidade operacional das empresas, fornecendo medidas clara da sustentabilidade tecnológica. O comparativo entre esses dados iluminará as práticas que distinguem as organizações, permitindo a identificação de componentes críticos de infraestrutura para implementação sustentável de tecnologias avançadas, além da identificação de barreiras comuns. A rigorosa documentação de todo o processo será assegurada para garantir a validade científica dos resultados.

Após a conclusão da pesquisa, planeja-se organizar uma série de *podcasts* com participação dos representantes das empresas estudadas e especialistas em TD e IA. Esse formato visa disseminar e expandir os achados do estudo e, ainda, fomentar discussões que possam orientar práticas futuras e demais investigações acadêmicas. A realização desses *podcasts* também será explorada como uma possível continuação do estudo no contexto de um doutorado, ampliando o alcance e a aplicabilidade dos resultados obtidos.

4 Cronograma

O desenvolvimento do projeto se estenderá por dois anos, divididos em fases sequenciais que integram a formação acadêmica e a investigação aplicada. No primeiro semestre, os esforços serão concentrados em estabelecer uma base teórica sólida alinhada à linha de pesquisa “Aplicações de IA”, por meio das disciplinas Inteligência Artificial e Projeto e Análise de Algoritmos. Paralelamente, será realizada uma revisão sistemática da literatura para então dar início à definição dos critérios de maturidade tecnológica e gestão, fundamentais para a etapa subsequente da pesquisa. No segundo semestre, as disciplinas cursadas serão Arquitetura de Computadores e Tópicos em Inteligência Artificial

que aprofundarão o entendimento sobre o gerenciamento e processamento de dados, neste momento também serão iniciados os estudos de caso.

No segundo ano, a disciplina cursada será Bancos de Dados e o foco será dedicado à análise técnica dos estudos de caso e ao cruzamento das informações obtidas nas fases anteriores. Já o último semestre será reservado para a análise final dos resultados, a redação da dissertação de mestrado e os preparativos para a defesa, a disciplina a ser cursada será Engenharia de Software. Este período será crucial para sintetizar as descobertas, validar os resultados acadêmicos e demonstrar como eles contribuirão para o avanço na implementação sustentável de tecnologias avançadas.

Referências

BUGHIN, J.; ZEEBROECK, N. van. The best response to digital disruption. **MIT Sloan Management Review**, v. 58, n. 4, p. 80 – 86, Abril 2017. Disponível em: <https://sloanreview.mit.edu/article/the-right-response-to-digital-disruption/>. Acesso em: 22 abr 2024.

CHAKRABORTY, S. *et al.* **The evolving state of digital transformation**. 2020. BCG. Disponível em: <https://www.bcg.com/publications/2020/the-evolving-state-of-digital-transformation>. Acesso em: 14 mar 2024.

DHLIWAYO, S.; CHEBO, A. K. A framework for sustainable technological innovation capability: a research and policy direction. **European Journal of Innovation Management**, v. 27, n. 3, p. 851 – 871, Maio 2022. Acesso em: 27 maio 2024.

FERREIRA, A. B. de H. **Novo dicionário Aurélio de língua portuguesa**. 3ª. ed. Curitiba: Positivo, 2004.

FURR, N. *et al.* **The 4 pillars of successful digital transformations**. 2022. Harvard Business Review. Disponível em: <https://hbr.org/2022/01/the-4-pillars-of-successful-digital-transformations>. Acesso em: 20 mar 2024.

IFENTHALER, D. *et al.* (ed.). **Digital transformation of learning organizations**. Springer Nature Switzerland AG, 2021. 266 p. ISBN 978-3-030-55878-9. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-55878-9>. Acesso em: 20 mar 2024.

JAGADISH, H. V. *et al.* Big Data and its technical challenges. **ACM Digital Library**, v. 57, n. 7, p. 86 – 94, Julho 2014. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/2611567>. Acesso em: 22 abr 2024.

MEIRELLES, F. S. **Panorama do uso de TI no Brasil**. 2022. Online - Portal Fundação Getúlio Vargas (FGV). Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/363611194_Panorama_do_Uso_de_TI_no_Brasil. Acesso em: 16 abr 2024.

ZAHARIA, M. *et al.* Apache Spark: a unified engine for big data processing. **Commun. ACM**, v. 59, n. 11, p. 56 – 65, 2016. Disponível em: <http://doi.acm.org/10.1145/2934664>.