



03 a 05 de dezembro de 2025

As Engenharias na Transformação Digital das PMEs

A engenharia como vetor da transformação digital: desafios e oportunidades para as pequenas e médias empresas no Brasil

Robison Armando da Rosa
PPGEP-PG / UTFPR
Angelo Marcelo Tusset
PPGEP-PG / UTFPR

Resumo: Este artigo analisa o papel das engenharias como mecanismo fundamental na transformação digital das Pequenas e Médias Empresas (PMEs) no Brasil. Partindo de um panorama da relevância econômica das PMEs e de seu atual estágio de maturidade digital, o estudo explora como a Engenharia de Produção estrutura a mudança estratégica, enquanto as engenharias de software, automação e dados fornecem as ferramentas tecnológicas e analíticas essenciais. Utilizando dados de múltiplas fontes, o trabalho procura abordar os principais desafios, financeiros, culturais e de competências técnicas, juntamente com os benefícios quantificáveis em eficiência operacional e competitividade. É possível concluir que uma abordagem de engenharia integrada e sistêmica é indispensável para superar as barreiras e capacitar as PMEs a prosperar na economia digital contemporânea, com decisões mais assertivas e processos mais eficientes, aproveitando melhor os recursos disponíveis.

Palavras-chave: Transformação Digital, Pequenas e Médias Empresas (PMEs), Engenharia de Produção, Indústria 4.0, Maturidade Digital.

Engineering as a vector of digital transformation: challenges and opportunities for small and medium-sized companies in Brazil

Abstract: This article analyzes the role of engineering as a fundamental mechanism in the digital transformation of Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs) in Brazil. Based on an overview of the economic relevance of SMEs and their current stage of digital maturity, the study explores how Production Engineering structures strategic change, while software, automation, and data engineering provide the essential technological and analytical tools. Using data from multiple sources, the work seeks to address the main challenges—financial, cultural, and technical competency-related—along with the quantifiable benefits in operational efficiency and competitiveness. It can be concluded that an integrated and systemic engineering approach is essential to overcome barriers and enable SMEs to thrive in the contemporary digital economy, with more assertive decisions and more efficient processes, making better use of available resources.

Keywords: Digital Transformation, Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs), Production Engineering, Industry 4.0, Digital Maturity. Keywords: Digital Transformation,

1. Introdução

Com o crescente desenvolvimento da economia digital e de novas tecnologias, é revelada a necessidade de as Pequenas e Médias Empresas (PMEs) se adaptarem para manter a competitividade. Nesse contexto, a transformação digital transcende a mera adoção de tecnologias, tratando-se de um processo que implica uma "reconfiguração ampla das estruturas organizacionais, dos modelos de negócio e das relações com stakeholders" (BUENO et al., 2025, p. 2). No Brasil, as PMEs representam a espinha dorsal da economia, correspondendo a 99% das empresas ativas, 52% a 55% dos empregos formais e entre 27% e 30% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional (LEITE, 2023; SEBRAE, 2023).

A pandemia de COVID-19 acelerou a digitalização, mas também expôs as fragilidades e a baixa maturidade digital de muitas PMEs (LEITE, 2023). Posto isto, o problema de pesquisa que orienta este trabalho é: qual a contribuição das diversas disciplinas da engenharia para viabilizar a transformação digital nas PMEs brasileiras, considerando os desafios estruturais e operacionais do cenário nacional?

A justificativa para este estudo é analisar como as engenharias atuam como vetores dessa mudança, buscando desmistificar a imagem de que a digitalização é um processo restrito a grandes corporações e demonstrando sua aplicabilidade e impacto no universo das PMEs. O objetivo central é analisar como as engenharias, em especial a de produção, de software, de automação e de dados, atuam para planejar, implementar e sustentar a digitalização neste segmento. Este artigo está dividido em cinco seções. A primeira, contextualiza o tema. A segunda seção descreve a metodologia. A terceira seção apresenta o referencial teórico. A quarta seção realiza a análise e discussão dos dados. Por fim, a quinta seção apresenta as conclusões.

2. Metodologia

Este artigo adota como abordagem metodológica a revisão de literatura, de natureza qualitativa e exploratória, com o objetivo de identificar, descrever e analisar o conhecimento acadêmico e prático sobre a transformação digital em Pequenas e Médias Empresas (PMEs) no Brasil. Conforme Creswell (2007), esse tipo de pesquisa contribui para expansão e aglutinação de pesquisa já elaboradas.

A coleta de dados foi realizada em fontes primárias de informação: uma revisão da literatura científica nacional e internacional sobre transformação digital, Indústria 4.0 e a aplicação de diferentes disciplinas da engenharia em PMEs e em uma análise de dados secundários e relatórios publicados por órgãos oficiais e de fomento. De acordo com Creswell (2007), o pesquisador pode coletar dados de diferentes fontes, buscando dar maior robustez ao seu objeto de pesquisa.

A triangulação dessas fontes permite confrontar os modelos teóricos e os achados acadêmicos com o cenário prático e os desafios enfrentados pelas PMEs brasileiras, conferindo maior robustez à análise (CRESWELL, 2007; YIN, 2001).

3. Referencial teórico

3.1 Panorama e níveis de maturidade digital das PMEs brasileiras

Para mensurar o avanço da digitalização, a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) classifica as empresas em um modelo de quatro estágios, baseado em sua pontuação na implementação de práticas digitais (ABDI, 2023):

Nível 1 (Analogico): Empresas com até 20 pontos.

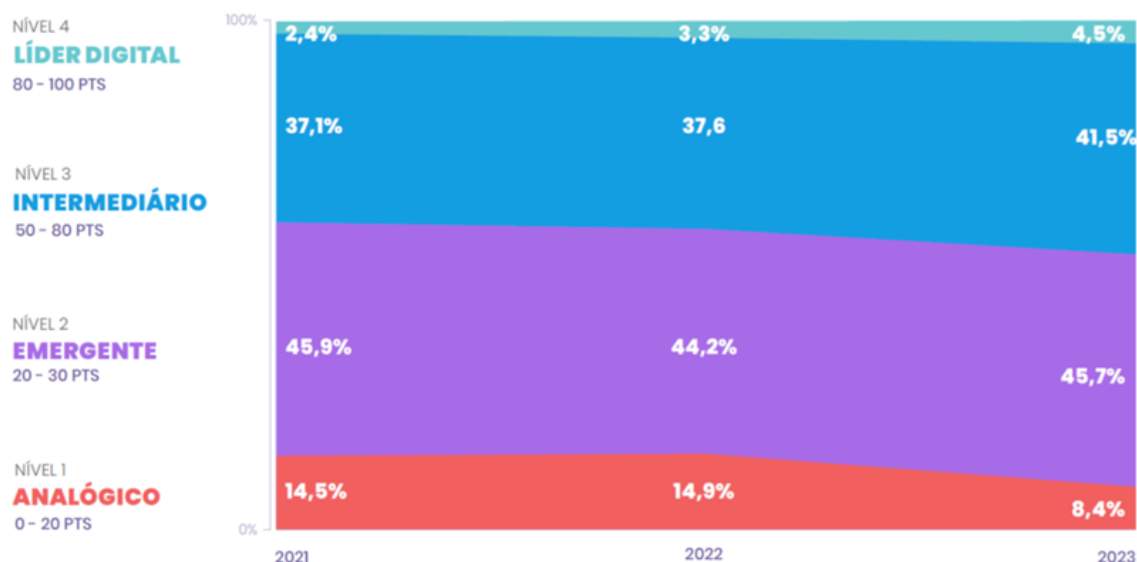
Nível 2 (Emergente): Empresas com pontuação entre 20,1 e 50.

Nível 3 (Intermediário): Empresas com pontuação entre 50,1 e 80.

Nível 4 (Líder Digital): Empresas com mais de 80 pontos.

De acordo com a ABDI (2023), a distribuição das empresas pelos níveis mostra um cenário de transição no período de 2021 a 2023: apenas 8,4% permanecem no estágio analógico, enquanto a grande maioria, 87,2%, se concentra nos níveis emergente (45,7%) e intermediário (41,5%). Apenas 4,5% das PMEs alcançaram o status de líder digital (ABDI, 2023), esses dados são apresentados no gráfico 1.

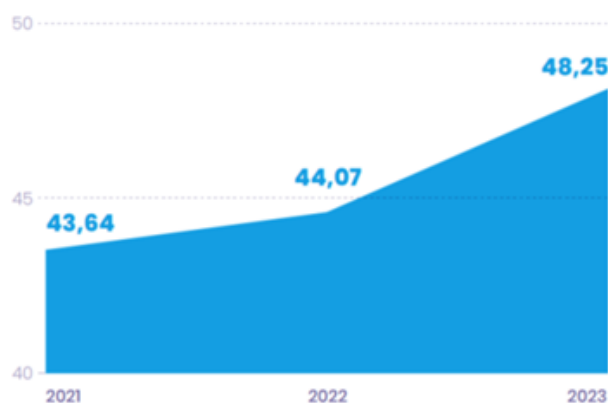
Gráfico 1 – Distribuição de empresas por estágio de evolução



Fonte: ABDI, 2023

No gráfico 2 é possível visualizar a evolução da média de maturidade digital das MPEs brasileiras, no período de 2021 a 2023.

Gráfico 2 – Evolução da média da maturidade digital



Fonte: ABDI, 2023

Conforme apresentado no gráfico 2, com base na pesquisa "Mapa da Digitalização das MPEs Brasileiras" de 2023, é possível ver uma evolução consistente ao longo dos anos, com a média de maturidade atingindo 48,25 pontos em 2023 (ABDI, 2023).

No gráfico 3, é apresentada a maturidade digital por setor:

Gráfico 3 – Evolução da média da maturidade digital

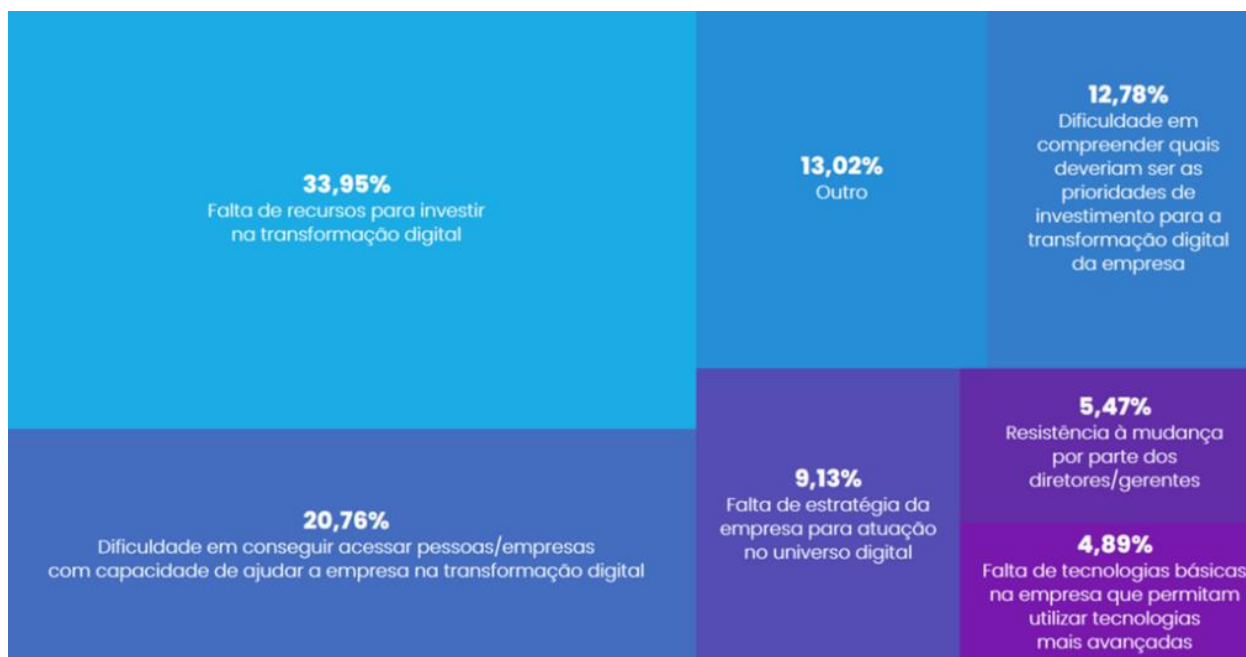


Fonte: ABDI, 2023

No gráfico apresentado, fica evidenciado que os setores de serviços, comércio e indústria estão com níveis bem próximos de evolução, demonstrando uma simetria no decorrer dos anos, ou seja, ambos setores evoluem de forma similar.

No gráfico 4, são apresentadas as principais dificuldades para atingir a transformação digital das PMEs no Brasil.

Gráfico 4 – Obstáculos para transformação digital



Fonte: ABDI - 2023

Os dados da ABDI corroboram a literatura sobre os principais obstáculos à transformação digital. A "Falta de recursos para investir" é apontada como a principal dificuldade por 33,95% das empresas (ABDI, 2023), um achado consistente em múltiplos estudos que o identificam como o fator mais impeditivo (BUENO et al., 2025; BISCHOFF, 2023). Outros desafios significativos incluem a "Dificuldade em conseguir acessar pessoas/empresas com capacidade de ajudar" (20,76%) e a "Dificuldade em compreender quais deveriam ser as prioridades de investimento" (12,78%) (ABDI, 2023).

3.2 A engenharia de produção atuando na mudança estratégica

A transformação digital é um projeto de otimização de sistemas, nesse contexto, a engenharia de produção se apresenta como elemento que estrutura e conduz a mudança, traduzindo a estratégia de negócio em processos operacionais eficientes e digitalizados. Seu escopo transcende a mera implementação tecnológica, focando na otimização de processos, na integração de sistemas e na gestão da cadeia de valor de ponta a ponta (*end-to-end*) (NETO, 2023).

A principal barreira para o investimento em tecnologia por parte das PMEs é a incerteza quanto ao retorno. A engenharia de produção oferece ferramentas para mitigar esse risco, tendo destaque a simulação de processos (NETO, 2023).

Ainda de acordo com Neto (2023), com a utilização de simulação de eventos discretos, utilizada para quantificar o impacto da digitalização em uma PME industrial brasileira, demonstrou reduções de até 59% no *lead time* e um aumento da aderência ao planejamento de 40% para mais de 94%. Para que a jornada de transformação digital seja bem-sucedida, ela deve ser estruturada.

Nesse contexto, podem ser utilizadas ferramentas como *roadmaps* e modelos de prontidão para guiar a implementação em fases e de forma escalável, sempre considerando as necessidades e a capacidade da empresa (NETO, 2023; BISCHOFF, 2023).

3.3 Habilitação tecnológica, engenharia automação e software

Enquanto a engenharia de produção define a estratégia, um conjunto de engenharias de habilitação fornece as ferramentas tecnológicas. A engenharia de automação, com o advento dos robôs colaborativos (cobots), oferece soluções de custo de aquisição significativamente menor, ideais para o ambiente de recursos limitados das PMEs (YANG, 2019). Tais implementações aumentam a produtividade e reduzem riscos de lesões para os trabalhadores (CASE, 2022).

Paralelamente, a engenharia de software desenvolve as aplicações para coletar, processar e integrar os dados, como sistemas ERP e MES (SIANTURI et al., 2024; STRADIOTO; FRAZZON, 2023).

Com a crescente dependência de ativos digitais, a cibersegurança torna-se um pilar da engenharia de confiabilidade do negócio. As PMEs são alvos particularmente atrativos para ciberataques, como *phishing* e *ransomware*, devido à percepção de que possuem medidas de segurança mais fracas (PAPADIMITRIOU et al., 2025).

Portanto, a engenharia de software tem a responsabilidade de incorporar a segurança desde o design, com práticas como controle de acesso, criptografia e planos de resposta a incidentes (PAPADIMITRIOU et al., 2025).

3.4 A engenharia de dados e a inteligência competitiva

A engenharia de dados é a disciplina que materializa a visão de uma organização orientada a dados, criando os sistemas para transformar dados brutos em inteligência competitiva e permitindo uma tomada de decisão baseada em evidências (*data-driven*) (KAMUGISHA, TIBAMWENDA, 2024).

As aplicações de *Big Data Analytics* em PMEs já demonstram resultados na otimização do marketing digital, no aumento da eficiência operacional (manutenção preditiva) e na inovação em produtos e serviços (KAMUGISHA, TIBAMWENDA, 2024; OMDENA, 2025).

A democratização de ferramentas de análise de dados em nuvem e plataformas de *Business Intelligence* (BI) acessíveis reduziram o custo de entrada, mas o gargalo principal passou a ser a qualidade dos dados e a capacidade analítica para interpretá-los, sendo

necessário aprimoramento constante das ferramentas, buscando mitigar o risco dados imprecisos, que podem afetar a tomada de decisão e consequentemente prejudicar os níveis de produtividade pretendidos. (KAMUGISHA, TIBAMWENDA, 2024; GULIYEV, 2022).

4. Análise e discussão

A análise dos dados revela uma massiva concentração de empresas (87,2%) nos estágios "Emergente" e "Intermediário" de maturidade digital (ABDI, 2023). Este dado materializa o conceito de "digitalização fragmentada" discutido na liturgia: as empresas adotaram ferramentas básicas, como acesso à internet, mas falham em integrar tecnologias de forma estratégica para transformar o negócio (ABDI, 2023).

A teoria disponível aponta que a transformação real exige uma reconfiguração de processos e modelos de negócio, e não apenas a presença online (BUENO et al., 2025). Os dados da ABDI (2023), confirmam que é exatamente neste ponto que as PMEs brasileiras encontram seu maior gargalo.

O segundo ponto de convergência entre dados e teoria reside nos desafios. A "Falta de recursos para investir" (33,95%) é o principal obstáculo apontado pelas PMEs no relatório da ABDI (ABDI, 2023). Outros autores compartilham desta mesma visão, tratando como a barreira mais significativa para aumentar a maturidade digital (BUENO et al., 2025; BISCHOFF, 2023).

O terceiro maior desafio apontado pela ABDI é a "Dificuldade em compreender quais deveriam ser as prioridades de investimento" (12,78%) (ABDI, 2023). Este dado, quando triangulado com o estudo de caso de Neto (2023), sugere que o problema não é apenas a ausência de capital, mas a incapacidade de justificar o investimento com um retorno claro. A engenharia de produção, ao utilizar a simulação para quantificar ganhos potenciais, como a redução de 59% no *lead time* e a prevenção de perdas de receita de até R\$ 4 milhões, oferece uma solução direta para essa incerteza, construindo um *business case* robusto que viabiliza a alocação de recursos (NETO, 2023).

A análise também revela uma ponte entre o problema identificado e as soluções propostas pelas engenharias. O baixo avanço em práticas como "inovar colaborativamente" (40% não iniciaram) (ABDI, 2023) reflete a falta de integração sistêmica. A engenharia de software, com a implementação de sistemas ERP e MES, é a uma possibilidade técnica para remover as dificuldades operacionais que impedem a colaboração (STRADIOTO; FRAZZON, 2023). Da mesma forma, a automação, antes vista como inacessível, torna-se viável para PMEs através de tecnologias como os cobots, que são mais baratos e flexíveis, alinhando-se perfeitamente às necessidades de um segmento que precisa de soluções escaláveis e de alto impacto com menor investimento inicial (YANG, 2019).

Enfim, o maior crescimento em maturidade, segundo a ABDI, ocorreu no objetivo de "Construir uma organização orientada a dados" (ABDI, 2023). Isso pode indicar uma crescente conscientização por parte dos gestores sobre o valor dos dados. Entretanto, a literatura alerta que sem uma engenharia de dados adequada para garantir a qualidade e a governança, essa iniciativa pode levar a decisões equivocadas (GULIYEV, 2022). A discussão, portanto, vai além da simples coleta de dados e aponta para a necessidade de uma abordagem de engenharia que construa *pipelines* de dados confiáveis e capacite as PMEs a extrair aquilo que realmente importa para sua organização, convertendo em resultados positivos para o empreendimento (GULIYEV, 2022).

5. Conclusão

Com este trabalho, por meio de uma pesquisa bibliográfica, foi possível verificar que a transformação digital bem-sucedida de uma pequena ou média empresa não é o

resultado de uma única iniciativa tecnológica, mas sim de um projeto complexo de engenharia de sistemas que integra múltiplas disciplinas. A análise apresentada demonstra que as diferentes áreas da engenharia desempenham papéis complementares e sinérgicos:

A Engenharia de Produção estabelece o "o que" e o "porquê", definindo a estratégia, mapeando os processos e construindo o caso de negócio para a mudança.

As engenharias de Automação, Mecatrônica e Software constroem o "como", desenvolvendo e implementando as soluções tecnológicas, desde o chão de fábrica até os sistemas de gestão, garantindo sua funcionalidade, integração e segurança.

A Engenharia de Dados mede e otimiza o resultado, transformando os dados gerados pelos novos sistemas em *insights* acionáveis que alimentam um ciclo de melhoria contínua e inovação.

Com base na análise, é possível apresentar recomendações claras para os diferentes atores envolvidos no ecossistema das PMEs:

Para os gestores de PMEs é fundamental adotar uma abordagem em fases, utilizando *roadmaps* para guiar a jornada. Iniciar com projetos-piloto de baixo custo e alto impacto é fundamental para provar o valor da digitalização, construir confiança interna e gerar os primeiros retornos que podem financiar etapas subsequentes.

Para formuladores de políticas públicas, o apoio governamental é indispensável para superar a barreira inicial de recursos. A criação de linhas de crédito específicas para a digitalização e o fomento a ecossistemas de inovação são ações de grande valia para essas empresas.

Por sua vez, os profissionais de engenharia que atuam com PMEs devem possuir uma mentalidade multidisciplinar, focando em soluções escaláveis e de custo-efetivo, e atuando como tradutor capaz de explicar a complexidade tecnológica em termos de valor de negócio.

A limitação da pesquisa fica para pequenas e médias empresas do Brasil, sendo possível elaborar estudos futuros com as microempresas, assim como as grandes corporações, visando ampliar o entendimento da digitalização dos processos nos mais variados cenários.

Posto isto, a transformação digital é uma jornada contínua, mas para as PMEs brasileiras, é o caminho indispensável para a prosperidade na economia contemporânea. A engenharia, em sua abordagem integrada e sistêmica, é o direcionador e impulsionador para que as transformações necessárias aconteçam, buscando melhores resultados e uma completa integração com o estado da arte dos processos produtivos e econômicos..

Referências

ABDI - AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Maturidade Digital das MPes Brasileiras 2023**. Brasília, 2023. Disponível em: <<https://www.abdi.com.br/maturidade-digital-das-mpes-ganha-impulso-em-2023-aponta-pesquisa-da-abdi/>>. Acesso em: 14 set. 2025.

BISCHOFF, T. M. A. **Proposta de um modelo de prontidão de PMEs para a Indústria 4.0**. 2023. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2023. Disponível em: <<https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/30696>>. Acesso em: 14 set. 2025.

BOUNCKEN, R., SCHMITT, F. SME family firms and strategic digital transformation: inverting dualisms related to overconfidence and centralization. **Journal of Small Business and Enterprise Development**, 2021. Disponível em: <<https://jsbs.scholasticahq.com/article/35278-sme-family-firms-and-strategic-digital-transformation-inverting-dualisms-related-to-overconfidence-and-centralization>>. Acesso em: 09 set. 2025.

BUENO, C. O. et al. Transformação Digital nas PMEs: Uma Revisão de Literatura sobre Inovação e Eficiência na Gestão. **Revista DCS**, v. 22, n. 81, p. 01-17, 2025. Disponível em: <<https://ojs.revistadcs.com/index.php/revista/article/view/3111>>. Acesso em: 12 set. 2025.

CASE, M. Robots and Automation as Health/Safety Intervention in Small Manufacturing Industry. **PMC**, 2022. Disponível em: <<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10191138/>>. Acesso em: 10 set. 2025.

CRESWELL, J. W. Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto; tradução Luciana de Oliveira da Rocha. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007

GULIYEV, H. The impact of big data analytics on operational efficiency. **Journal of Big Data**, 2022. Disponível em: <<https://wjarr.com/content/use-big-data-analytics-enhancing-operational-efficiency-manufacturing>>. Acesso em: 15 set. 2025.

KAMUGISHA, A. TIBAMWENDA N. Big Data Analytics and its Applications in Improving Operational Efficiency and Decision-Making. **International Journal of Scientific and Research in Multidisciplinary Studies**, Washington, v8, n8, p. 54-58, 2024. Disponível em: <<http://ijeais.org/wp-content/uploads/2024/8/IJAAFMR240806.pdf>>. Acesso em: 19 set. 2025.

LEITE, A. F. P. **Transformação Digital nas PMEs**. 2023. Tese (Doutorado) - Fundação Getúlio Vargas, 2023.

MINISTÉRIO DO EMPREENDEDORISMO, DA MICROEMPRESA E DA EMPRESA DE PEQUENO PORTE. **Empreender Brasil: Inteligência de Mercado para as MPMEs**. 2024. Disponível em: <<https://www.gov.br/memp/pt-br/programa-acredita>>. Acesso em: 12 set. 2025.

NETO, L. A. S. **Transformação Digital no Cenário Industrial das Pequenas e Médias Empresas: modelo conceitual e abordagens para aplicação prática**. 2023. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2023. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/251117>>. Acesso em: 16 set. 2025.

OMDNA. **Data Analytics Case Study Examples for Businesses in 2025**. Omdena, 2025. Disponível em: <<https://www.omdena.com/blog/examples-of-ai-in-business-2025>>. Acesso em: 12 set. 2025.

PAPADIMITRIOU, G. et al. A Proactive Cybersecurity Approach for Small and Medium-Sized Enterprises. **SCITEPRESS**, 2025. Disponível em:

<<https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=137455>>. Acesso em: 16 set. 2025.

SEBRAE. Qual o papel das pequenas empresas na economia brasileira? **Sebrae SC**, 2023. Disponível em: <<https://www.sebrae-sc.com.br/blog/qual-o-papel-das-pequenas-empresas-na-economia-brasileira>>. Acesso em: 12 set. 2025.

SIANTURI, W. et al. The Role of Software Engineering in Digital Transformation. **Ic-itechs**, 2024. Disponível em: <<https://jurnal.stiki.ac.id/IC-ITECHS/article/download/1623/972/>>. Acesso em: 11 set. 2025.

STRADIOTO, L. A.; FRAZZON, E. M. Digital transformation in Brazilian industry: bridging theory and practice. **Production**, v. 33, 2023. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/prod/a/xjh356GqFpfkL3VqxhxPYHk/abstract/?lang=en>>. Acesso em: 11 set. 2025.

YANG, H.; KUMARA, S.; TSUNG, F. The internet of things for smart manufacturing: A review. **IISE Transactions**, 2019. Disponível em: <<https://ideas.repec.org/a/taf/uiiexx/v51y2019i11p1190-1216.html>>. Acesso em: 17 set. 2025.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2ed. Porto Alegre: Bookman. 2001.