

TRANSFORMAÇÃO DIGITAL NA GESTÃO DE ESTOQUES: UM ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA ELETROELETRÔNICA DO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS

DIGITAL TRANSFORMATION IN INVENTORY MANAGEMENT: A CASE STUDY IN THE ELECTRONICS INDUSTRY IN THE INDUSTRIAL HUB OF MANAUS

Larissa de Souza Ferreira¹; Sandro Breval Santiago²

RESUMO: Este estudo investiga a maturidade digital de uma indústria eletrônica, concentrando-se nas dimensões de gestão de estoques e processos de manufatura, com o objetivo de fomentar a transformação digital dentro do contexto da Indústria 4.0. Para atingir esse propósito, foi realizada uma análise bibliográfica abrangente, além de um estudo de caso fundamentado em dados extraídos do sistema PIMM 4.0. Os resultados obtidos indicam que, apesar dos avanços notáveis alcançados até o momento, existem áreas específicas que requerem aprimoramento para que a empresa consiga acompanhar a velocidade acelerada da transformação digital, especialmente em relação à gestão de estoques e aos processos de manufatura. Essa investigação destaca a importância de uma abordagem contínua e estratégica na adaptação às novas tecnologias e metodologias, visando otimizar a eficiência operacional e garantir a competitividade no mercado.

PALAVRAS-CHAVE Maturidade Digital; Gestão de Estoques; Manufatura Inteligente; Transformação Digital; Indústria 4.0; Eficiência Operacional.

ABSTRACT: This study investigates the digital maturity of an electronics industry, focusing on the dimensions of inventory management and manufacturing processes, with the aim of fostering digital transformation within the context of Industry 4.0. To achieve this, a comprehensive literature review was carried out, as well as a case study based on data extracted from the PIMM 4.0 system. The results obtained indicate that, despite the remarkable progress made to date, there are specific areas that require improvement if the company is to keep up with the accelerated speed of digital transformation, especially in relation to inventory management and manufacturing processes. This research highlights the importance of a continuous and strategic approach to adapting to new technologies and methodologies, in order to optimize operational efficiency and ensure competitiveness in the market.

KEYWORDS: Digital Maturity; Inventory Management; Smart Manufacturing; Digital Transformation; Industry 4.0; Operational Efficiency.

¹ Universidade Federal do Amazonas (UFAM) / email: larissafferreira9@gmail.com

² Universidade Federal do Amazonas (UFAM) / email: sbreval@ufam.edu.br

1. INTRODUÇÃO

As empresas estão em constante busca por métodos que maximizem a produção e os serviços, visando se manter à frente em um mercado altamente competitivo. Para esse esforço contínuo, é essencial implementar uma gestão de estoque eficaz dentro de uma cadeia de suprimentos integrada (Godinho Filho & Fernandes, 2020). Nesse contexto, o Polo Industrial de Manaus, situado na região Norte do Brasil, destaca-se como um importante centro de produção de eletroeletrônicos (Oliveira et al., 2019). Entender como a gestão da cadeia de suprimentos e os estoques podem impulsionar a produção é vital em um cenário onde a demanda por inovação e eficiência está em crescimento (Batalha & Silva, 2021).

Este estudo foca em uma empresa de eletroeletrônicos com duas décadas de atuação e 1955 funcionários. O objetivo é analisar de que maneira a gestão de estoque é influenciada pelas tecnologias da Indústria 4.0 e investigar como a digitalização está aprimorando a eficiência operacional e otimizando os processos produtivos, utilizando um modelo de avaliação de maturidade tecnológica (Oliveira & Kaminski, 2020).

Um exemplo disso é a aplicação da Internet das Coisas (IoT), que possibilita o monitoramento em tempo real dos níveis de estoque, enquanto Big Data e inteligência artificial melhoram a precisão das previsões de demanda e promovem uma gestão mais proativa e informada (Silva et al., 2020; Souza et al., 2018).

Para determinar o nível atual de maturidade tecnológica na gestão de estoque, esta pesquisa foi elaborada com base em dados extraídos do Banco de Dados gerado pelo sistema PIMM 4.0 de uma indústria fabricante de produtos eletrônicos. Ao explorar essa temática, o estudo busca não apenas compreender os impactos na gestão de estoque e suas particularidades, mas também provocar uma reflexão: Como as empresas podem vencer os desafios tradicionais da gestão de estoque por meio das tecnologias emergentes da Indústria 4.0? Este questionamento é fundamental para guiar futuras estratégias e inovações no campo da gestão de estoque (Ferreira & Azevedo, 2019; Almeida et al., 2017).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Indústria 4.0

A Indústria 4.0 representa uma verdadeira revolução na manufatura, ao integrar tecnologias digitais como a Internet das Coisas (IoT), inteligência artificial (IA) e big data para automatizar e otimizar os processos industriais. Originada na Alemanha em 2011, essa abordagem tem se expandido globalmente, promovendo uma maior eficiência operacional, personalização de produtos e a criação de novos modelos de negócios adaptados às demandas do mercado (Kagermann, Wahlster & Helbig, 2013).

Essa transformação digital é medida por meio da maturidade na Indústria 4.0, que analisa a integração e o uso dessas tecnologias em várias dimensões, incluindo produtos e serviços, manufatura, cadeia de suprimentos, modelos de negócios e cultura organizacional. Empresas que alcançam um nível mais elevado de maturidade na Indústria 4.0 colhem benefícios como aumento da produtividade, redução de custos, melhoria da qualidade dos produtos e a capacidade de oferecer soluções personalizadas em larga escala.

Porter e Heppelmann (2014) enfatizam que a adoção da Indústria 4.0 não apenas transforma a operação industrial, mas também redefine a competição, permitindo a criação de produtos conectados e inteligentes, que podem aprender e se adaptar às necessidades dos clientes em tempo real. Portanto, a avaliação e a busca por um maior nível de maturidade na Indústria 4.0 são

Realização:

cruciais para as empresas que desejam se manter competitivas e inovadoras no atual mercado globalizado.

2.2 Gestão de Estoque na Cadeia de Suprimentos

A gestão de estoque é um componente vital na cadeia de suprimentos, desempenhando um papel essencial na eficiência operacional e na capacidade das empresas de atender às demandas do mercado de maneira oportuna e eficaz. Historicamente, esse processo enfrenta diversos desafios que impactam diretamente a performance organizacional.

Um dos desafios mais significativos é a falta de visibilidade em tempo real dos níveis de estoque. Essa ausência de transparência pode levar a decisões operacionais fundamentadas em informações desatualizadas ou imprecisas, resultando em problemas como estoques excessivos ou insuficientes. Além disso, previsões de demanda imprecisas são recorrentes, o que pode ocasionar o acúmulo de produtos que não estão em alta demanda ou a falta de itens necessários para os clientes. Essa imprecisão pode ser acentuada por métodos tradicionais de previsão que não conseguem captar variações rápidas e mudanças nos padrões de consumo (Simchi-Levi et al., 2008).

A chegada da Indústria 4.0 introduziu uma gama de tecnologias avançadas destinadas a superar esses desafios históricos. Entre essas tecnologias, destacam-se a Internet das Coisas (IoT), Big Data, inteligência artificial (IA) e computação em nuvem. A IoT possibilita que dispositivos se comuniquem e compartilhem dados em tempo real, permitindo um monitoramento contínuo e preciso dos níveis de estoque ao longo de toda a cadeia de suprimentos. Sensores instalados em itens de estoque podem transmitir informações instantâneas sobre sua localização e estado, garantindo uma visibilidade completa e atualizada para os gestores de estoque (Ivanov & Dolgui, 2019).

A aplicação de Big Data e IA na gestão de estoque transforma a capacidade das empresas de prever a demanda com maior precisão. Análises avançadas de dados históricos e em tempo real permitem identificar padrões de compra dos clientes, tendências sazonais e variações no comportamento do consumidor. Essas informações são cruciais para ajustar os níveis de estoque de forma proativa, minimizando o risco de excesso ou falta de produtos e otimizando os recursos financeiros da empresa (Chen et al., 2014).

Em resumo, a adoção de tecnologias da Indústria 4.0 na gestão de estoque não apenas promete resolver desafios históricos, como a falta de visibilidade e previsões imprecisas de demanda, mas também abre novas oportunidades para aprimorar a eficiência operacional e a satisfação do cliente dentro da cadeia de suprimentos. Essas tecnologias não são meramente ferramentas avançadas, mas sim estratégias fundamentais para as empresas que desejam se manter competitivas em um mercado globalizado e dinâmico.

2.3 PIM - Polo Industrial de Manaus

O Polo Industrial de Manaus (PIM) é um modelo econômico especial implementado na Zona Franca de Manaus, destinado a impulsionar o desenvolvimento econômico e social da região. Criado em 1967 durante o regime militar, o PIM é um dos maiores polos industriais do Brasil e desempenha um papel fundamental no PIB industrial do país. Conforme indicado pela Superintendência da Zona Franca de Manaus (Suframa), cerca de 95% da produção do PIM é direcionada ao mercado nacional.

Atualmente, o PIM abriga mais de 500 indústrias que atuam em diversos setores, incluindo eletroeletrônicos, duas rodas, naval, mecânico, metalúrgico e termoplástico. De acordo com a Suframa (2017), essas indústrias são responsáveis pela criação de mais de meio milhão de empregos diretos e indiretos na região. Em 2023, o faturamento do PIM alcançou R\$ 161,02 bilhões

Realização:

entre janeiro e novembro, registrando um crescimento notável em setores como vestuário e calçados (47,13%) e o polo de duas rodas (17,13%) (Brasil, 2023). No início de 2024, as exportações do PIM totalizaram US\$ 66,9 milhões, refletindo um aumento de 35,63% em comparação ao mesmo período do ano anterior (Brasil, 2024).

Além dos incentivos fiscais que atraem empresas para a região, o PIM é reconhecido por sua infraestrutura moderna, capacidade de produção em larga escala e pela colaboração entre indústrias, universidades e instituições de pesquisa, promovendo inovação e desenvolvimento tecnológico na Amazônia. O PIM também tem investido significativamente em automação e na integração de mão de obra qualificada, consolidando-se como um exemplo mundial de qualidade (Expo Indústria Internacional, 2023; Brasil, 2023).

Esses investimentos resultaram em melhorias consideráveis na produção e na diversificação dos produtos fabricados. Em janeiro de 2024, o PIM, por exemplo, registrou um aumento de 179,41% na produção de receptores de sinal de televisão e 36,84% na produção de condicionadores de ar do tipo split system, em comparação com o mesmo período do ano anterior (Brasil, 2024).

O desempenho econômico positivo e a modernização contínua das indústrias do PIM ressaltam sua importância como motor de desenvolvimento socioeconômico na região Amazônica. A expectativa é que esses resultados continuem a atrair investimentos e a contribuir para o fortalecimento do polo industrial, promovendo um crescimento sustentável e a inovação tecnológica (Brasil, 2024).

3. METODOLOGIA

O presente estudo de caso é fundamentado em uma pesquisa realizada em uma empresa do Polo Industrial de Manaus (PIM), especificamente no segmento eletroeletrônico. Esta empresa possui 20 anos de experiência no setor e conta com aproximadamente 2.000 funcionários em seu quadro de colaboradores.

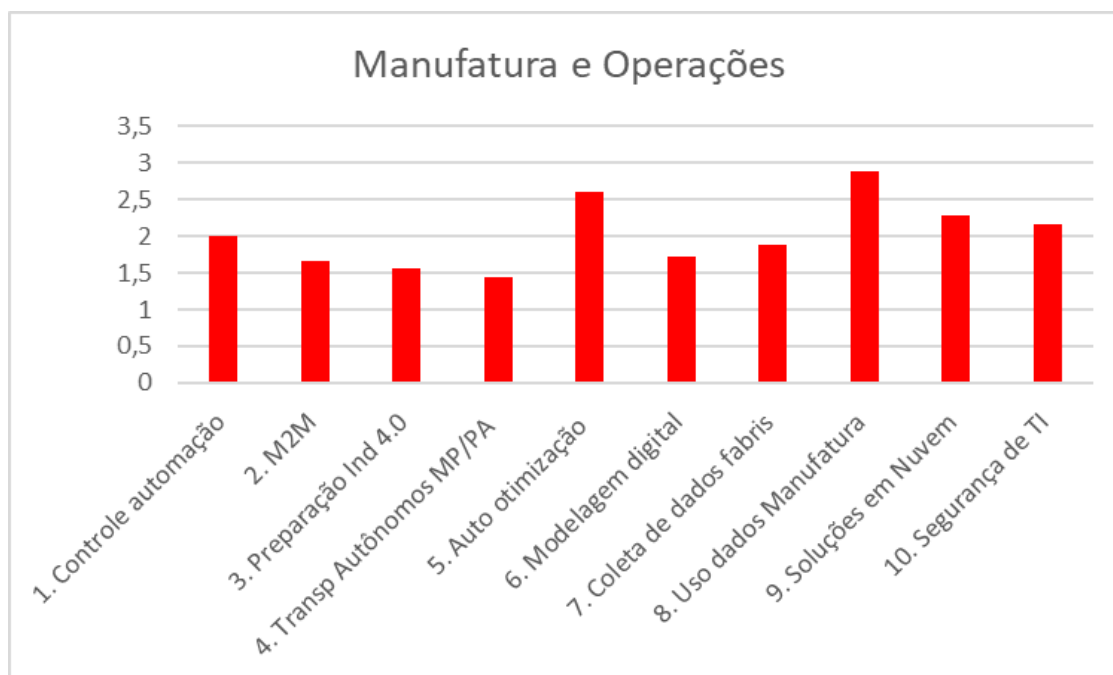
Os dados foram analisados por meio da metodologia de pesquisa quantitativa descritiva, que, conforme Gil (2007), utiliza dados estatísticos obtidos através de questionários estruturados. Essa abordagem possibilita uma análise objetiva e precisa das características e relações entre as variáveis em estudo, oferecendo uma compreensão detalhada do nível de maturidade tecnológica da empresa, bem como da integração entre sua cadeia de suprimentos e as operações de manufatura.

Nesse contexto, foi empregado o sistema PIMM 4.0, reconhecido por sua eficácia na coleta e análise de dados. A metodologia da plataforma avalia a maturidade da empresa na implementação da Indústria 4.0, levando em consideração duas dimensões principais: Cadeia de Suprimentos e Manufatura e Operações. Dentro dessas dimensões, são analisadas diversas subdimensões, cuja média resulta na indicação do nível de maturidade em cada aspecto.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados apresentados nos gráficos a seguir proporcionam uma análise minuciosa da gestão de estoque em relação ao plano de produção de uma empresa do Polo Industrial de Manaus, especificamente no segmento eletroeletrônico. A avaliação foi fundamentada nas respostas coletadas de X participantes da organização, englobando diversas subdimensões que compõem as dimensões de Cadeia de Suprimentos e Manufatura e Operações. Esses gráficos oferecem uma visão clara das diferentes nuances de maturidade observadas em cada área analisada, fornecendo insights essenciais para a estratégia de melhoria contínua da empresa.

Gráfico 1. Manufatura e Operações



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

A dimensão Manufatura e Operações apresenta uma média de 2,02, o que a classifica como nível 2 de maturidade, ou seja, em um estágio intermediário. De acordo com Roehrich e Lewis (2020), a transformação digital na manufatura envolve a integração de tecnologias avançadas para otimizar processos e aumentar a eficiência operacional. No entanto, para atingir um nível de maturidade mais avançado, é fundamental que os sistemas tecnológicos sejam integrados completamente às operações diárias (Chowdhury et al., 2018). A análise do gráfico 2 indica que, apesar da implementação de sistemas tecnológicos, ainda é necessário promover uma maior integração dos processos operacionais com esses sistemas, a fim de que essa dimensão possa progredir para um estágio de transição.

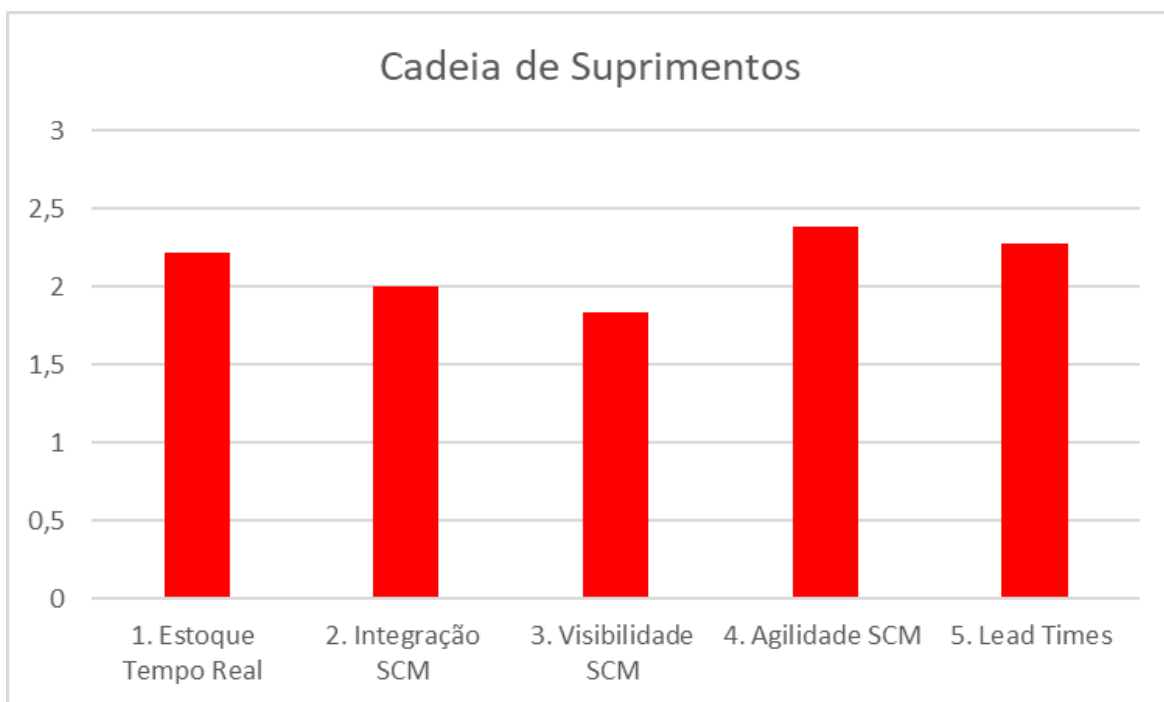


Gráfico 2. Cadeia de Suprimentos

Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Na dimensão Cadeia de Suprimentos, obteve-se uma média de 2,14, classificando esta quarta dimensão como nível 2 de maturidade, ou seja, em um estágio intermediário. Conforme destacado por Christopher (2016), a visibilidade na cadeia de suprimentos é crucial para melhorar a eficiência e a capacidade de resposta, permitindo uma melhor coordenação e sincronização das atividades. Além disso, Bowersox et al. (2020) afirmam que uma cadeia de suprimentos integrada não só melhora a eficiência operacional, mas também facilita a colaboração entre os parceiros comerciais, aumentando a capacidade de adaptação às mudanças de mercado.

A análise do gráfico 2 revela que a baixa visibilidade na cadeia de suprimentos deve ser um ponto crítico de atenção, pois esse aspecto impacta diretamente as demais subdimensões. O aprimoramento da visibilidade pode elevar o nível de maturidade, proporcionando uma visão mais clara e integrada de todos os processos envolvidos. A implementação de sistemas e tecnologias que promovam essa visibilidade é essencial para melhorar a tomada de decisões e a eficiência operacional (Oliveira & Gonzalez, 2022).

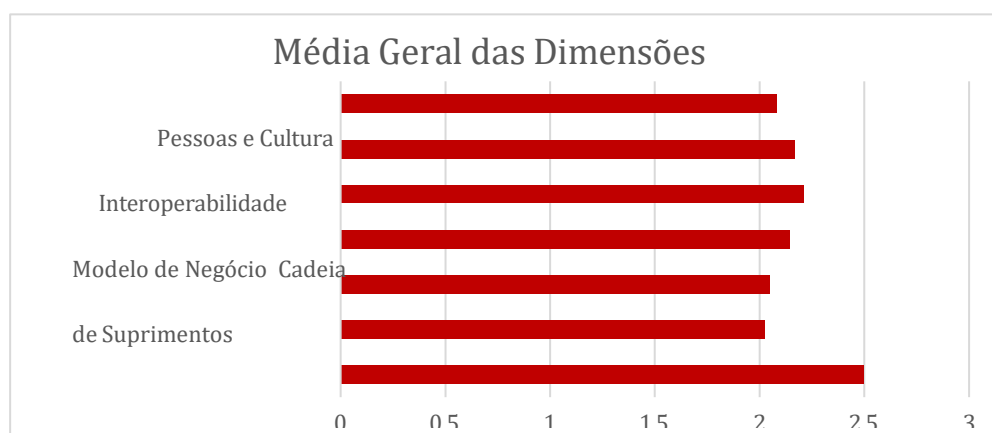


Gráfico 3. Média Geral das Dimensões

Fonte: Elaborado pela autora (2024)

5. CONCLUSÃO

Com base nos dados analisados, observa-se que a organização em questão obteve uma média geral de 2,16, classificando-a no nível 2 em grau de maturidade. O gráfico 3 evidencia que a empresa demonstra uma boa capacidade de transição para a Indústria 4.0, especialmente nas dimensões de Produtos e Serviços e Modelo de Negócio, onde sistemas estão sendo integrados aos processos organizacionais para beneficiar os funcionários. Contudo, é notável que a integração plena entre sistemas e colaboradores ainda enfrenta desafios significativos, refletindo-se em uma adaptação gradual e resistência em algumas áreas.

A dificuldade de adaptação dos usuários aos novos sistemas impacta diretamente a cadeia de suprimentos, comprometendo a eficiência operacional e a capacidade de resposta. Esses resultados confirmam um grau médio de preparação para a Indústria 4.0, evidenciando a necessidade contínua de melhorias e adaptações nos processos organizacionais.

Através deste estudo, com o auxílio do PIMM 4.0, foi possível mensurar o grau específico de maturidade da indústria e acompanhar as tendências do mercado atual. Identificar falhas e necessidades nos processos é essencial para o desenvolvimento contínuo e a manutenção da competitividade.

Considerando os desafios tradicionais da gestão de estoque, as tecnologias emergentes da Indústria 4.0 oferecem oportunidades significativas para as empresas. A integração de sistemas avançados de gestão de estoque, como o uso de sensores IoT para monitoramento em tempo real e análise preditiva de dados, pode melhorar substancialmente a precisão do estoque, reduzir custos operacionais e otimizar a eficiência geral da cadeia de suprimentos. Investir nessas tecnologias não apenas moderniza os processos, mas também posiciona a empresa de forma estratégica para enfrentar os desafios futuros do mercado.

6. AGRADECIMENTOS

Gostaria de iniciar expressando minha profunda gratidão a Deus. Agradeço à minha família, que sempre me apoiou com amor e encorajamento em todos os momentos. Não posso deixar de reconhecer a orientação do professor Sandro Breval Santiago, cuja a dedicação foi fundamental para o meu crescimento. Obrigada!

7. REFERÊNCIAS

Batalha, m. O.; silva, a. L. *Gestão da cadeia de suprimentos: estratégias e operações*. Atlas, 2021.

Christopher, m. *Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos*. 5. Ed. Pearson, 2016.

Ferreira, m. G. G.; azevedo, r. C. A indústria 4.0 e suas implicações na gestão de estoques. *Revista brasileira de gestão e negócios*, v. 21, n. 1, p. 56-74, 2019.

Godinho filho, m.; fernandes, f. C. F. *Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégia, operação e avaliação*. Atlas, 2020.

Oliveira, m. P. V. De; kaminski, p. C. Indústria 4.0: conceitos e perspectivas para a engenharia de produção. *Revista produção online*, v. 20, n. 4, p. 1234-1256, 2020.

Silva, j. E.; costa, j. M.; martins, r. A. Internet das coisas (iot) e suas aplicações na indústria. *Revista científica de engenharia elétrica*, v. 14, n. 3, p. 98- 112, 2020.

Souza, r. A.; almeida, r. T.; moreira, f. G. Big data e inteligência artificial na gestão de estoques. *Revista de administração contemporânea*, v. 22, n. 2, p. 345- 364, 2018.

Almeida, a. T. De; santos, d. F. L.; lima, e. P. Modelos de avaliação da maturidade tecnológica.

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM

24 e 25 de Outubro de 2024, 1º edição

Revista produção, v. 27, n. 3, p. 458-475, 2017.

Ivanov, d.; dolgui, a. *Um gêmeo digital da cadeia de suprimentos para gerenciar interrupções e resiliência na era da indústria 4.0*. Production planning & control, v. 30, n. 14, p. 1102-1119, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1633799>.

Simchi-levi, d.; kaminsky, p.; simchi-levi, e. Designing and managing the supply chain: concepts, strategies, and case studies. 3. Ed. McGraw-hill, 2008.

Chen, h.; chiang, r. H. L.; storey, v. C. *Business intelligence and analytics: from big data to big impact*. Mis quarterly, v. 36, n. 4, p. 1165-1188, 2012.

Porter, m. E.; heppelmann, j. E. Como produtos inteligentes e conectados estão transformando a competição. *Harvard business review brasil*, v. 92, n. 11, p. 64-88, 2014.

Roehrich, j. K.; lewis, m. A. Indústria 4.0: gerenciando a transformação digital. *Supply chain management review*, v. 24, n. 2, p. 24-29, 2020.

Chowdhury, p.; hasan, m. A.; khan, a. A. *Industry 4.0: a comprehensive review*. Ieee access, v. 6, p. 31539-31567, 2018.

Bowersox, d. J.; closs, d. J.; cooper, m. B. *Supply chain logistics management*. 5. Ed. McGraw-hill education, 2020.

Westerman, g.; bonnet, d.; mcafee, a. Liderando a transformação digital: transformando tecnologia em transformação de negócios. *Harvard business review press*, 2014.

Oliveira, p.; gonzalez, m. *Big data e suas aplicações na gestão da cadeia de suprimentos: uma revisão sistemática da literatura*. Computers & industrial engineering, v. 161, artigo 107698, 2022. Doi:10.1016/j.cie.2022.107698

Gil, a. C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 6. Ed. Atlas, 2007.

Capability maturity model integration (cmmi) institute. Disponível em: <https://cmmiinstitute.com>.

Gartner. *Gartner it glossary*. Disponível em: <https://www.gartner.com/it-glossary/>. Gil, a. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 6. Ed. Atlas, 2017.

Kagermann, h.; wahlster, w.; helbig, j. *Recommendations for implementing the strategic initiative industrie 4.0*. Securing the future of german manufacturing industry; final report of the industrie 4.0 working group. 2013.

Brasil. *Polo industrial de manaus fatura r\$ 161,02 bilhões de janeiro a novembro de 2023*. Disponível em: <https://www.gov.br/suframa/pt-br/assuntos/noticias/poloindustrial-de-manaus-fatura-r-161-02-bilhoes-de-janeiro-a-novembro-de-2023>.

Expo industria internacional. *Polo industrial de manaus*. Disponível em: <https://expoindustriainternacional.com.br/pim>.

Superintendência da zona franca de manaus (suframa). *Indicadores de desempenho do pim*. Disponível em: <https://www.suframa.gov.br/indicadores>.



PPGEP

**TECNOLOGIAS EMERGENTES E SUAS APLICAÇÕES
NO CONTEXTO AMAZÔNICO**



24 e 25
Outubro



Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1ª edição