



## **UM ESTUDO DE CASO DE EMPRESA DO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS SOB A ÓTICA DA MATURIDADE 4.0**

**DANNIELA KAROLYNE SERRÃO MARTINS** – dannielamartins05@gmail.com  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM

**SANDRO BREVAL SANTIAGO** – sbreval@ufam.edu.br  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM

**ÁREA:** 6. ENGENHARIA ORGANIZACIONAL

**SUBÁREA:** 6.1 - GESTÃO ESTRATÉGICA E ORGANIZACIONAL

**RESUMO:** O PRESENTE ARTIGO TEM COMO OBJETIVO ANALISAR O NÍVEL DE MATURIDADE DA DIMENSÃO CADEIA DE SUPRIMENTOS EM UMA EMPRESA DO SETOR DE TERMOPLÁSTICOS LOCALIZADA NO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS, UTILIZANDO COMO BASE O MODELO PIMM 4.0. POR MEIO DA APLICAÇÃO DE ENTREVISTAS COM 18 COLABORADORES E DA AVALIAÇÃO DAS SUBDIMENSÕES ESTOQUE EM TEMPO REAL, INTEGRAÇÃO SCM, VISIBILIDADE SCM, AGILIDADE SCM E LEAD TIMES, FOI POSSÍVEL IDENTIFICAR QUE A ORGANIZAÇÃO SE ENCONTRA NO NÍVEL 2 – TECNOLÓGICO. A SUBDIMENSÃO VISIBILIDADE SCM APRESENTOU O MENOR DESEMPENHO, IMPACTANDO DIRETAMENTE NA MÉDIA GERAL DA DIMENSÃO. OS RESULTADOS OBTIDOS ESTÃO ALINHADOS COM O ESTUDO DE SANTANA, AMARAL E SANTOS (2025), QUE APONTAM BAIXA MATURIDADE EM SERVIÇOS ORIENTADOS POR DADOS, E COM A ANÁLISE DE GALÚCIO ET AL. (2022), QUE IDENTIFICARAM BAIXA CORRELAÇÃO ENTRE INFRAESTRUTURA TECNOLÓGICA E PRONTIDÃO DIGITAL. DIANTE DISSO, OBSERVA-SE A NECESSIDADE DE ADOÇÃO DE TECNOLOGIAS COMO INTERNET DAS COISAS (IOT), COMPUTAÇÃO EM NUVEM E BIG DATA PARA AVANÇAR AO PRÓXIMO NÍVEL DE MATURIDADE. CONCLUI-SE QUE O USO CONTÍNUO DE MODELOS COMO O PIMM 4.0 É ESSENCIAL PARA IDENTIFICAR FRAGILIDADES, ORIENTAR MELHORIAS E CONSOLIDAR A TRANSIÇÃO DAS EMPRESAS DO PIM RUMO À INDÚSTRIA 4.0.

**PALAVRAS-CHAVES:** POLO INDUSTRIAL DE MANAUS (PIM); INDÚSTRIA 4.0; CADEIA DE SUPRIMENTOS (SCM).

## 1. INTRODUÇÃO

Desde o século XVIII, a humanidade tem transformado significativamente seus processos produtivos, introduzindo tecnologias inovadoras para a obtenção de recursos e materiais. A Primeira Revolução Industrial, iniciada no século XVIII, foi marcada pela criação de motores a vapor, que revolucionaram a produção e o transporte. Posteriormente, no final do século XIX e início do século XX, Henry Ford implementou as linhas de produção em massa, otimizando a fabricação de automóveis e estabelecendo novos padrões industriais. Mais recentemente, na década de 1960, o desenvolvimento de controladores lógicos programáveis permitiu a automação de processos industriais por meio de sistemas digitais (LASI et al., 2014).

A Quarta Revolução Industrial distingue-se pela integração de tecnologias digitais avançadas nos processos produtivos, possibilitando a análise e o monitoramento em tempo real da produção. Esse conceito emergiu na Alemanha em 2011, durante a Feira de Hannover, e está intimamente ligado ao avanço da internet e de tecnologias como a Internet das Coisas (IoT), objetos inteligentes e técnicas de Tecnologia da Informação (TI), incluindo Machine Learning, Inteligência Artificial e Big Data (PEREIRA; SIMONETTO, 2018).

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Polo Industrial de Manaus

O Polo Industrial de Manaus (PIM) destaca-se como um dos mais importantes polos industriais do Brasil, desempenhando um papel crucial no desenvolvimento da região amazônica. A Zona Franca de Manaus (ZFM) desempenha um papel crucial na diversificação econômica e na geração de empregos na região Norte do Brasil, contribuindo significativamente para a redução das desigualdades socioeconômicas. Diversos estudos recentes destacam esse impacto positivo. (FREITAS, 2023). De acordo com a SUFRAMA, a produção do PIM é direcionada majoritariamente para o mercado brasileiro, mas há uma pequena parcela (cerca de 5% anualmente) que é exportada para mercados da América Latina, Europa e Estados Unidos.

Os incentivos fiscais concedidos à Zona Franca de Manaus têm sido fundamentais para a desconcentração industrial e o desenvolvimento regional, promovendo a geração de empregos e a melhoria das condições socioeconômicas na região (GELCER, 2016). Para manter sua

competitividade em um mercado cada vez mais tecnológico, o PIM tem incorporado automação industrial e sistemas ciberfísicos, essenciais para a Indústria 4.0. Damasceno et al. (2024) e Fonseca e Ferreira (2021) observam que essas tecnologias permitem um controle mais preciso da produção e uma maior eficiência no uso de recursos, adaptando o ambiente industrial às exigências do mercado.

Com investimentos em digitalização, as empresas do PIM buscam não apenas aumentar a produtividade, mas também reduzir custos operacionais e ampliar a sustentabilidade das operações. Segundo Damasceno et al. (2024), a transformação digital no PIM tem elevado significativamente a eficiência na produção de baterias de lítio, exemplificando os ganhos proporcionados pela Indústria 4.0. A inserção de tecnologias da Indústria 4.0 no Polo Industrial de Manaus é fundamental para manter a competitividade e atender às exigências do mercado global." (CAMPOS, 2024)

## **2.2 Gerenciamento da cadeia de suprimentos**

Para Lobato e Barbosa (2021), o conceito de Supply Chain Management (SCM), foi usado pela primeira vez em 1982 em um artigo publicado pela revista Financial Times. A cadeia de suprimentos é formada por uma rede de empresas interligadas e por todos os fluxos que existem entre elas, direta e indiretamente, tendo como objetivo otimizar os custos e melhorar os processos.

De acordo com Brustello e Salgado (2006), uma cadeia de suprimentos é composta pelos seguintes elementos: Produção, Fornecedor, Estoque, Localização, Transporte e Informação. Lambert é considerado uma das maiores referências a respeito deste assunto e definiu, em 1998, a gestão da cadeia de suprimentos como um elo entre clientes finais e fornecedores, fomentando relacionamentos entre todas as partes do processo pois, desta forma, o valor é agregado e a competitividade aumenta. Além disso, o gerenciamento torna-se eficaz após determinada a comunicação entre fornecedor e empresa; empresa e cliente, pois serão públicos diferentes, então, a comunicação entre as partes terá o mesmo formato e nem mesmo objetivo. Além disso, a padronização dos processos é essencial para uma mais fácil forma de gerenciar uma cadeia de suprimentos (LAMBERT, 1998).

## 2.3 Maturidade da indústria

Segundo Azevedo e Santiago (2019), a maturidade é uma ferramenta indispensável para medir e conceituar a prontidão dos processos. Conceitualmente, esses modelos de maturidade são artefatos organizados em uma escala progressiva, o que permite que a transição entre os níveis seja mensurável, garantindo a possibilidade de avaliação pela própria organização para definir em qual nível de maturidade ela se encontra. Os níveis são divididos em subcategorias ou dimensões e em cada dimensão estão disponíveis itens associados a perguntas, o que permite o detalhamento das subcategorias (MAIER; SCHMIEDBAUER; BIEDERMANN, 2020; SANTOS; MARTINHO, 2019; WAGIRE et al., 2020). Quanto mais detalhados, mais os modelos de maturidade contribuem como guia no processo de autoavaliação da área de aplicação.

O nível de maturidade descreve a situação de perfeição, ou seja, do estado de estar completo, em relação ao que se está medindo sobre o objetivo principal. Dessa forma, quanto mais madura é uma área no aspecto avaliado, melhor ela progride e mais bem adaptada ela está (BASL; DOUCEK, 2019; DEPAOLI; ZA; SCORNAVACCA, 2020; GÖKALP et al, 2017). Então, ao avaliar seu nível de maturidade sobre a implementação da Indústria 4.0, caso uma empresa esteja em um nível avançado, ou ainda, se estiver em níveis mais baixos, mas usar a avaliação como guia para se desenvolver, essa empresa terá mais chances de manter-se ativa no mercado.

Sendo assim, os modelos de maturidade podem auxiliar na tomada de decisão empresarial. Além disso, o modelo de maturidade possibilita que a empresa trace novas trajetórias ao longo dos seus estágios de maturação, pois a avaliação pode ir ocorrendo ao longo do processo (BASL; DOUCEK, 2019; WAGIRE ET AL., 2020; WIESNER ET AL., 2018). Desse modo, os modelos de maturidade são boas ferramentas para que as empresas avaliem suas estratégias de negócios.

## 2.4 Indústria 4.0

De acordo com Silveira (2017), a Indústria 4.0 fundamenta-se em seis princípios: Capacidade de Operação em Tempo Real, Virtualização, Descentralização, Orientação a Serviços, Modularidade e Interoperabilidade. As principais tecnologias de TI que sustentam essa revolução incluem: Internet das Coisas (SCHWAB, 2016, p. 26), Segurança Cibernética (RÜßMANN et al., 2015, p. 6), Big Data Analytics (SILVEIRA, 2017), Computação e Sistemas em Nuvem (RÜßMANN et al., 2015, p. 6–7), Robótica (SCHWAB, 2016, p. 25),

Inteligência Artificial (SCHWAB, 2016, p. 141–142) e novos materiais (SCHWAB, 2016). Monostori (2014) argumenta que a modernização induzida pela Indústria 4.0 redefine os processos produtivos e demanda uma revisão das práticas de gestão para manter a competitividade em um mercado globalizado.

## 2.5 PIMM 4.0

O PIMM 4.0 é uma plataforma desenvolvida para trazer dados das empresas que relaciona a uma base de dados fomentada pela CAPES com mais de 4 mil artigos em sua base de dados, tornando-se, assim, uma ferramenta poderosa mostrando as fragilidades das empresas em estudo (ITIKAWA; SANTIAGO, 2021). Segundo Lima (2022), através da medição de maturidade de prontidão da indústria 4.0 obtida pelo PIMM 4.0, as empresas conseguem estabelecer uma transição para a indústria 4.0. E ainda, através da metodologia técnico – científica, a plataforma traz o diagnóstico preciso das oportunidades de melhoria nas empresas.

## 3. MATERIAIS E MÉTODOS

De acordo com Silva et al (2021), o estudo de caso, como metodologia de pesquisa qualitativa, visa a construção de uma teoria indutiva, a partir do estudo empírico de um caso ou estudos que envolvem mais de um caso.

Para Ventura (2007), é um método que busca a investigação detalhada do objeto estudado, baseado em planejamento, da coleta e análise de dados, possuindo a capacidade de estudar apenas um caso específico ou múltiplos casos, trazendo abordagens qualitativas e quantitativas de pesquisa.

Deste modo, o artigo visa analisar e mensurar a maturidade de uma empresa do ramo de termoplásticos, localizada no Polo Industrial de Manaus. De acordo com os dados obtidos no software PIMM 4.0, iremos avaliar a dimensão Cadeia de Suprimentos que é uma das sete dimensões presentes no PIMM 4.0. Cada sub dimensão foi avaliada com um valor de um (1) a quatro (4), refletindo seu nível de maturidade (AZEVEDO; SANTIAGO, 2019).

- Nível 1 – Digital: Caracterizado por um baixo alcance organizacional na integração da cadeia produtiva com sistemas tecnológicos e na interligação de processos verticais e horizontais digitais.

- Nível 2 – Tecnológico: Presença de sistemas que integram algumas das linhas organizacionais, com automação na produção, mas ainda com baixa visibilidade do modelo 4.0 e sem uma integração completa.
- Nível 3 – Transição: Elevada integração dos sistemas, proporcionando visibilidade e importantes iniciativas em automação.
- Nível 4 – Avançado: Alta otimização dos processos e interoperabilidade integrada em todos os níveis da organização.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram realizadas entrevistas com 18 colaboradores, onde foi analisada a dimensão Cadeia de Suprimentos e, especificamente, as subdimensões: Estoque em Tempo real, Integração SCM, Visibilidade SCM, Agilidade SCM e Lead Times.

A partir dos resultados obtidos nas pesquisas, foram obtidas as seguintes médias nas subdimensões, conforme a tabela a seguir.

TABELA 1 - médias das subdimensões da Cadeia de Suprimentos

| Subdimensão        | Média |
|--------------------|-------|
| Estoque tempo real | 2,28  |
| Integração SCM     | 2,17  |
| Visibilidade SCM   | 1,89  |
| Agilidade SCM      | 2,83  |
| Lead times         | 3,22  |

Fonte: elaborado pelos autores

Estoque em tempo real é a capacidade de acompanhar e gerenciar o estoque de forma contínua, atualizando-o sempre que um item entra ou sai do armazém. Conforme Oliveria e Silva (2014), a gestão de estoque tem um papel crucial de assegurar que as empresas estejam conforme as demandas do mercado pois a crescente competitividade dos negócios, proveniente das exigências do consumidor, implica na adaptação rápida e assertiva das empresas em relação as novas tendências. Por isso a necessidade do estoque em tempo real. Integração SCM (Integração da cadeia de suprimentos) indica o grau de integração da cadeia de suprimentos, observando os canais existentes entre os seus elos. Conforme Cao e Zhang (2011), a colaboração na cadeia de suprimentos pode oferecer benefícios substanciais aos seus

parceiros de negócios, em função das empresas compartilharem riscos e recursos, reduz os custos de transação, e aumenta a produtividade

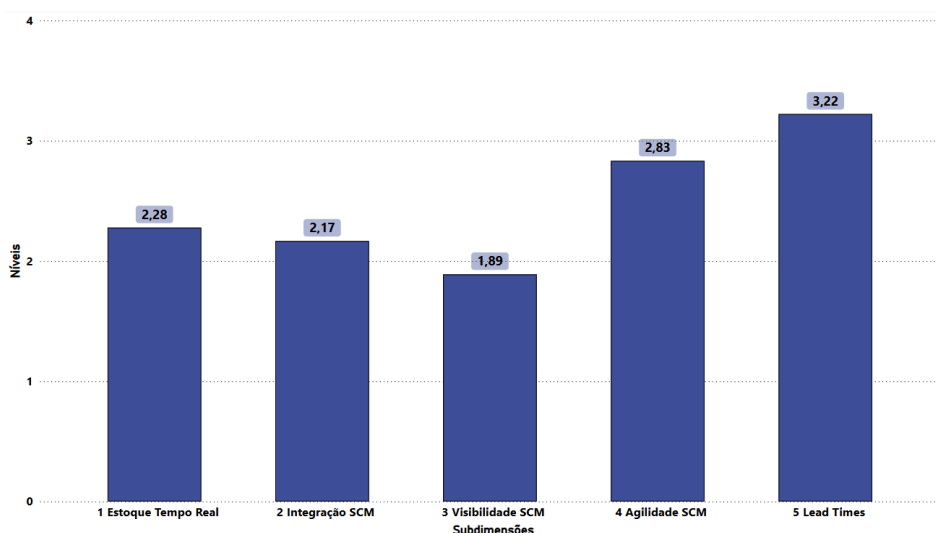
Visibilidade SCM (Visibilidade da cadeia de suprimentos) indica o grau de visibilidade da cadeia de suprimentos - ponta a ponta, permitindo verificar a interoperabilidade logística. A visibilidade na cadeia de suprimentos é essencial para alcançar eficiência operacional, permitindo uma gestão mais eficaz de estoques, rastreamento de produtos e tomada de decisões informadas (DOTTA, 2024).

Agilidade SCM (agilidade da cadeia de suprimentos) indica o grau de agilidade da cadeia de suprimentos, com base no relacionamento de fatores externos (ecossistema negocial). Isso envolve flexibilidade, rapidez e a capacidade de se adaptar às mudanças, garantindo que os produtos cheguem ao cliente no momento certo e com a melhor qualidade.

Lead Times é a característica do tempo de entrega da organização, considerando o ciclo da manufatura, tempo de atravessamento e redução de “aging”. Segundo Platt (2015) o lead time é entendido como a quantidade de tempo necessária para processar um pedido desde o momento em que é registrado na empresa até a entrega final do produto ao cliente.

Com base na tabela e nos valores obtidos, podemos analisar a performance de cada uma das subdimensões de acordo com o gráfico a seguir.

FIGURA 1 - Valor médio das subdimensões da cadeia de suprimentos



Fonte: elaborado pelos autores

A classificação da dimensão da cadeia de suprimentos, no total, foi de nível 2, obtendo uma média de 2,4. Apesar da crescente tendência para o nível 3, a subdimensão Visibilidade SCM



apresenta uma baixa contribuição para um maior rendimento desta dimensão. Apesar de outras subdimensões apresentarem maior integração, podemos abordar algumas alternativas para alavancar no grau desta dimensão e, desta forma, ser considerada uma empresa da indústria 4.0, como por exemplo: Internet of Things (Internet das Coisas), Computação em nuvem e *Big Data*.

A internet das coisas ou IoT (internet of things) é um mecanismo que conecta o mundo físico ao digital por meio da internet, aproveitando a rede de sensores para alavancar as comunicações sem fio (CHENG et al., 2014). Os benefícios proporcionados pela IoT na gestão da cadeia de suprimentos estão relacionados com o uso da tecnologia para conectar máquinas, produtos, e pessoas em tempo real, além de gerar dados que podem ser utilizados por toda a cadeia de suprimentos (SZOZDA, 2017). Segundo Li e Li (2017), com o crescimento da IoT e com os benefícios que proporcionará, a gestão da cadeia de suprimentos precisa se adaptar aos novos modelos de negócios que estão surgindo, a fim de criar vantagens competitivas. Para se adaptar a esse contexto, é preciso relacionar a IoT com outros elementos da indústria 4.0, tais como: computação na nuvem (CHEN; CHEN; HSU, 2014), big data (GIAGNOCAVO et al., 2017) e robôs autônomos (GROMOV; LAMMI, 2017).

A computação na nuvem opera em uma rede utilizando recursos que são virtuais, e que tem como característica principal ser ilimitado em tamanho de armazenagem de dados (GOWDA; SUBRAMANYA, 2017). A gestão da cadeia de suprimentos está usufruindo dessa tecnologia para a tomada de decisão, capacidade de suporte e colaboração com os diversos elos da cadeia de suprimentos (GOWDA; SUBRAMANYA, 2016). Uma das vantagens de utilizar a computação na nuvem é visualizar a geração de dados em tempo real, proporcionando subsídio para melhorar a gestão das operações das indústrias e, com isso, melhorando também a gestão da cadeia de suprimentos (CHEN; CHEN; HSU, 2014).

Segundo Sanders (2016), a capacidade de reunir, armazenar, agregar e analisar dados gerados por sistemas de informações é a definição precisa de análise *big data*. Dentro da gestão da cadeia de suprimentos, a análise *big data* pode contribuir para a estratégia de precificação e de compra de matéria prima, dado que se conhece os membros da cadeia de suprimentos (LIU, 2017). Além disso, a análise *big data* fornece vantagens para a tomada de decisão, pois é possível fazer previsões de demanda, direcionamento de campanhas marketing e avaliações de riscos de fornecedores por meio da análise de dados (SANDERS, 2016).



## 5. Considerações Finais

Com base na aplicação do modelo PIMM 4.0, foi possível identificar que a empresa de termoplásticos localizada no Polo Industrial de Manaus se encontra no nível 2 – Tecnológico da dimensão Cadeia de Suprimentos. Esse resultado demonstra que, embora existam iniciativas de automação e integração parcial dos processos, ainda há limitações significativas, especialmente no que se refere à *Visibilidade SCM*. Essa subdimensão apresentou a menor média entre os indicadores analisados, refletindo a dificuldade da empresa em monitorar sua cadeia de forma integrada e em tempo real.

Os achados deste estudo estão alinhados com os resultados obtidos por Santana, Amaral e Santos (2025), que, ao avaliarem a maturidade da Indústria 4.0 em uma empresa multinacional do setor de derivados da cana-de-açúcar, também observaram baixa maturidade em *Data-driven services*, revelando que a ausência de visibilidade e integração digital ainda é um obstáculo comum entre empresas brasileiras em processo de transição digital.

De forma semelhante, o estudo de Galúcio et al. (2022), realizado em uma empresa do setor termoplástico no próprio Polo Industrial de Manaus, identificou uma correlação de apenas 37,5% entre a infraestrutura tecnológica instalada e a real prontidão para a Indústria 4.0, o que reforça a constatação de que, mesmo com investimentos em tecnologia, muitas empresas ainda não conseguem consolidar a transformação digital de forma estratégica e integrada.

Dessa forma, conclui-se que o avanço para níveis superiores de maturidade depende diretamente da adoção de tecnologias como Internet das Coisas (IoT), computação em nuvem e Big Data Analytics, além de uma reestruturação dos processos internos baseada na interoperabilidade e na tomada de decisão orientada por dados. O uso contínuo de modelos de avaliação, como o PIMM 4.0, permite não apenas diagnosticar fragilidades, mas também traçar caminhos viáveis para o fortalecimento da cadeia de suprimentos e o alinhamento às exigências da Indústria 4.0.

## REFERÊNCIAS

AZEVEDO, Americo; SANTIAGO, Sandro Breval. Design of an Assessment Industry 4.0 Maturity Model: an application to manufacturing company. In: **Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Toronto, ON, Canada**. 2019. p. 23.

BARBOSA, José Camilo.; BOLATO, Raí de Carvalho. **Gestão da cadeia de suprimentos como vantagem competitiva: uma revisão bibliográfica**. 2021. Disponível em: [https://aprepro.org.br/conbrepro/2021/anais/arquivos/09252021\\_190955\\_614f9f2300601.pdf](https://aprepro.org.br/conbrepro/2021/anais/arquivos/09252021_190955_614f9f2300601.pdf). Acesso em: 10 abr. 2025.

BASL, Josef.; DOUCEK, Petr. **A metamodel for evaluating enterprise readiness in the context of Industry 4.0**. *Information*, v. 10, n. 3, p. 1–13, 2019.

BRUSTELLO, Alexandre de Carvalho; SALGADO, Manoel Henrique. **Elementos básicos de uma cadeia de suprimentos**. In: XIII SIMPEP, Bauru, SP, Brasil, 6 a 8 nov. 2006.

CAO, Mei.; ZHANG, Qingyu. **Supply chain collaboration: impact on collaborative advantage and firm performance**. *Journal of Operations Management*, v. 29, n. 3, p. 163–180, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jom.2010.12>.

CAMPOS, Iolanda Aida de Medeiros. **Novos desafios ao Polo Industrial de Manaus: a inserção da Indústria 4.0 no processo produtivo**. In. Amazônia: Tópicos Atuais em Ambiente, Saúde e Educação – Volume 4. [S.l.]: Editora Científica, 2024. p. 195–216. Disponível em: <https://www.editoracientifica.com.br/artigos/novos-desafios-ao-polo-industrial-de-manaus-a-insercao-da-industria-40-no-processo-produtivo>. Acesso em: 28 abr. 2025.008.

CHEN, Shang-Liang; CHEN, Yun-Yao.; HSU, C. **A new approach to integrate internet-of-things and software-as-a-service model for logistic systems: a case study**. *Sensors (Switzerland)*, v. 14, n. 4, p. 6144–6164, 2014.

CHENG, Jinn-Shing et al. The strategic research on integrating service model for SMEs cloud supply chain in Taiwan. **International Journal of Electronic Business Management**, v. 12, n. 1, p. 33–40, 2014.

DAMASCENO, Alexandre Holanda et al. **Digital transformation in the Manaus Industrial Hub: increased efficiency in the production of lithium batteries through Industry 4.0**. *Aracê*, v. 6, n. 4, p. 15458–15470, 2024.

DEPAOLI, Paolo.; ZA, Stefano.; SCORNAVACCA, Eusebio. A model for digital development of an interaction-based approach. **Journal of Small Business and Enterprise Development**, v. 27, n. 7, p. 1049–1068, 2020.

DOTTA, José Henrique Martins. **Visibilidade da cadeia de suprimentos com RFID: um protótipo para gestão de inventário e rastreamento de produtos**. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Sistemas de Informação) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2025. Orientador: Prof. Dilnei Venturin.

Galucio, C. P., Silva, G. L. da, Matos, R. M. de, Lima, O. P. de, Santiago, S. B., & Farias, F. O. M. Maturity and Readiness in Industry 4.0: A Case Study in a Thermoplastic Company in the Industrial Pole of Manaus. **Revista De Gestão Social E Ambiental**. 2025.

GIAGNOCAVO, Cinthya et al. Agricultural cooperatives and the role of organisational models in new intelligent traceability systems and big data analysis. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v. 10, n. 5, p. 115–125, 2017.

GELCER, Daniel Monteiro. **Incentivos fiscais, desconcentração industrial e desenvolvimento regional**. 2016. Tese (Doutorado em Direito) – Faculdade de Direito, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

GÖKALP, Ebru et al. Development of an assessment model for Industry 4.0: Industry 4.0-MM. In: MAS, A. et al. (Org.). Software Process Improvement and Capability Determination SPICE. **Communications in Computer and Information Science**, v. 770. Cham: Springer, 2017.

GOODE, William.; HATT, Paull. **Métodos em pesquisa social**. São Paulo: Nacional, 1973.

GOWDA, Anil; SUBRAMANYA, K. N. A sensitivity analysis of the cloud characteristics in supply chain network using AHP. **The IUP Journal of Supply Chain Management**, v. 13, n. 1, p. 55–69, 2016.

GROMOV, Genadijs.; LAMMI, Mikka. Blockchain and Internet of Things require innovative approach to logistics education. **Transport Problems**, v. 12, p. 23–34, 2017.

ITIKAWA, Mauricio; SANTIAGO, Sandro. A systematic review on Industry 4.0 maturity metrics in the Manaus Free Trade Zone. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science**, v. 8, 2021, p. 032–047. DOI: 10.22161/ijaers.81.6.

LAMBERT, Douglas et al. Supply chain management: implementation issues and research opportunities. **The International Journal of Logistics Management**, v. 9, n. 2, p. 13–36, 1998. Disponível em: [https://drdouglasslambert.com/wp-content/uploads/2020/05/SCM\\_4th\\_Edition\\_Chapter1\\_Final.pdf](https://drdouglasslambert.com/wp-content/uploads/2020/05/SCM_4th_Edition_Chapter1_Final.pdf). Acesso em: 10 abr. 2025.

LASI, Heiner. et al. **Industry 4.0. Business & Information Systems Engineering**, v. 6, n. 4, p. 239–242, 2014.

LI, Bo; LI, Yulong. Internet of things drives supply chain innovation: a research framework. **The International Journal of Organizational Innovation**, v. 9, jan. 2017, p. 71–93.

LIMA, Graziela de Souza et al. **Análise da maturidade na Indústria 4.0: um estudo de caso no Polo Industrial de Manaus utilizando o sistema PIMM4.0**, 2022.

LIU, Pan. Pricing strategies of a three-stage supply chain: a new research in the Big Data era. **Discrete Dynamics in Nature and Society**, v. 2017, 2017.

MAIER, Hans Thomas; SCHMIEDBAUER, Oliver; BIEDERMANN, Hubert. Validation of a Lean Smart Maintenance Maturity Model. **Tehnicki Glasnik-Technical Journal**, v. 14, n. 3, p. 296–302, 2020.

MONOSTORI, Lázló. Cyber-physical production systems: roots, expectations and R&D challenges. **Procedia CIRP**, v. 17, p. 9–13, 2014.

OLIVEIRA, Marcela Maria Eloy Paixão; SILVA, Rafaella Machado Rosa. **Gestão de estoque**. 2014. Disponível em: <https://portalidea.com.br/cursos/dce3372185d4fb07e9abc6b854e0baf3.pdf>. Acesso em: 21 abr. 2025.

Greyciane Santos Santana, Thiago Magalhães Amaral, & Pedro Vieira Souza Santos. Assessment of industry 4.0 maturity in a multinational sugarcane derivatives company: an approach using the industry 4.0 readiness model – VDMA. 2025. **Future Studies Research Journal: Trends and Strategies**, 17(1), e926.

SILVA, Glênio Oliveira Et al. Estudo de caso único: uma estratégia de pesquisa. **Revista Prisma**, v. 2, n. 1, p. 78–90, 2021. Disponível em: <https://revistaprisma.emnuvens.com.br/prisma/article/view/44>. Acesso em: 11 abr. 2024.

PEREIRA, Adriano.; SIMONETTO, Eugênio de Oliveira. Indústria 4.0: conceitos e perspectivas para o Brasil. **Revista Eletrônica Vale do Rio Verde**, v. 16, n. 1, 2018.

PLATT, Allan Augusto. **Logística e cadeia de suprimentos**. 3. ed. Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração/UFSC, 2015. 116 p.

RÜßMANN, Michael. et al. Industry 4.0: the future of productivity and growth in manufacturing industries. **The Boston Consulting Group**, 2015.

SANDERS, Nada. How to use Big Data to drive your supply chain. **California Management Review**, v. 58, n. 3, p. 26–48, 2016.

SANTOS, Reginaldo Carreiro.; MARTINHO, José Luis. An Industry 4.0 maturity model proposal. **Journal of Manufacturing Technology Management**, 2019.

SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2016.

SILVEIRA, Cristiano Bertulucci. **O que é a Indústria 4.0 e como ela vai impactar o mundo**. Citisystems, 2017. Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/industria-4-0/>. Acesso em: 6 abr. 2025.

SUPERINTENDÊNCIA DA ZONA FRANCA DE MANAUS (SUFRAMA). Polo Industrial de Manaus. Disponível em: <https://www.gov.br/suframa/pt-br/assuntos/invest-pt/polo-industrial-de-manaus>. Acesso em: 28 abr. 2025.

SZOZDA, Natalia. Industry 4.0 and its impact on the functioning of supply chains. **LogForum**, v. 13, n. 4, p. 401–414, 2017.

VENTURA, Magda Maria. O estudo de caso como modalidade de pesquisa. **Revista SoCERJ**, v. 20, n. 5, p. 383–386, 2007.

WAGIRE, Aniruddha et al. **Development of maturity model for assessing the implementation of Industry 4.0:** learning from theory and practice. Production Planning and Control, 2020.

ZENON, Ricardo de Freitas. A Importância da Zona Franca De Manaus no contexto socioeconômico. **Revista Foco**. [S. l.], v. 16, n. 9, p. e2901, 2023.