

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM
FACULDADE DE ESTUDOS SOCIAIS
CURSO DE ADMINISTRAÇÃO

RAISSA GUERREIRO TOMÉ

ANÁLISE DE MATURIDADE DA CADEIA DE SUPRIMENTOS NA INDÚSTRIA 4.0:
UM ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE ELETROELETRÔNICOS DO
POLO INDUSTRIAL DE MANAUS

MANAUS - AM
2025

RAISSA GUERREIRO TOMÉ

**ANÁLISE DE MATURIDADE DA CADEIA DE SUPRIMENTOS NA INDÚSTRIA 4.0:
UM ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE ELETROELETRÔNICOS DO
POLO INDUSTRIAL DE MANAUS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Administração da Universidade Federal
do Amazonas (UFAM), como requisito para
obtenção do título de nota parcial.

Orientador: Prof^o. Dr^o Sandro Breval Santiago

MANAUS - AM

2025

RAISSA GUERREIRO TOMÉ

**ANÁLISE DE MATURIDADE DA CADEIA DE SUPRIMENTOS NA INDÚSTRIA 4.0:
UM ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE ELETROELETRÔNICOS DO
POLO INDUSTRIAL DE MANAUS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Administração da Universidade Federal
do Amazonas (UFAM) como requisito parcial para
obtenção do grau de nota.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 10/12/2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof°. Dr° Sandro Breval Santiago - UFAM
Orientador

Prof° Dr° Hilmar Tadeu Chaves- UFAM
Avaliador

Prof°. Dr° Ricardo Jorge da Cunha Costa Nogueira- UFAM
Avaliador



**Análise de maturidade da Cadeia de Suprimentos na indústria 4.0:
Um estudo de caso em uma empresa de Eletroeletrônicos do Polo
Industrial de Manaus**

**Maturity Analysis of the Supply Chain in Industry 4.0: A Case Study in an
Electronics Company of the Manaus Industrial Hub**

**Análisis de la madurez de la cadena de suministro en la Industria
4.0: Un estudio de caso en una empresa de electroelectrónicos del Polo
Industrial de Manaus**

Raissa Guerreiro Tomé ¹

Sandro Breval Santiago ²

Resumo

O avanço da Indústria 4.0 tem impulsionado profundas transformações nos processos produtivos e logísticos, exigindo das organizações níveis crescentes de integração, visibilidade e agilidade em suas cadeias de suprimentos. Este estudo teve como objetivo avaliar o nível de maturidade da dimensão Cadeia de Suprimentos em uma empresa do setor eletroeletrônico do Polo Industrial de Manaus, utilizando como instrumento de análise o modelo PIMM 4.0. A pesquisa, de natureza aplicada, adotou a abordagem quantitativa e qualitativa por meio de estudo de caso, com coleta de dados realizada via plataforma PIMM 4.0 e aplicação de questionários estruturados. Os resultados revelaram que a empresa se encontra no estágio intermediário de maturidade, apresentando desempenho satisfatório nos aspectos de *Lead Times* e Agilidade SCM, mas com oportunidades de melhoria em Visibilidade SCM e Estoque em Tempo Real. A análise evidencia a importância da transformação digital para o fortalecimento da competitividade nas cadeias de suprimentos e aponta a necessidade de ações estratégicas voltadas à ampliação da integração e da rastreabilidade dos processos

Palavras-chave: Cadeia de Suprimentos. Indústria 4.0. Maturidade Organizacional. PIMM 4.0.

¹Bacharel em Administração. Universidade Federal do Amazonas. Manaus, Amazonas, Brasil. E-mail: raissaguerreiotome@gmail.com

²Doutorado em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Amazonas. Manaus, Amazonas, Brasil. E-mail: sbreval@gmail.com





Abstract

The advancement of Industry 4.0 has driven profound transformations in production and logistics processes, demanding increasing levels of integration, visibility, and agility within supply chains. This study aimed to assess the maturity level of the Supply Chain dimension in an electronics company located in the Manaus Industrial Hub, using the PIMM 4.0 model as the analytical tool. The applied research employed a quantitative and qualitative approach through a case study, with data collection conducted via the PIMM 4.0 platform and through the application of structured questionnaires. The results revealed that the company is positioned at an intermediate maturity stage, showing satisfactory performance regarding Lead Times and SCM Agility, but presenting opportunities for improvement in SCM Visibility and Real-Time Inventory. The analysis highlights the importance of digital transformation for strengthening competitiveness in supply chains and indicates the need for strategic actions focused on expanding process integration and traceability.

Keywords: Industry 4.0. Organizational Maturity. PIMM 4.0. Supply Chain.

Resumen

El avance de la Industria 4.0 ha impulsado profundas transformaciones en los procesos productivos y logísticos, exigiendo a las organizaciones niveles crecientes de integración, visibilidad y agilidad en sus cadenas de suministro. Este estudio tuvo como objetivo evaluar el nivel de madurez de la dimensión Cadena de Suministro en una empresa del sector electroelectrónico del Polo Industrial de Manaus, utilizando como instrumento de análisis el modelo PIMM 4.0. La investigación, de naturaleza aplicada, adoptó un enfoque cuantitativo y cualitativo mediante un estudio de caso, con la recolección de datos realizada a través de la plataforma PIMM 4.0 y la aplicación de cuestionarios estructurados. Los resultados revelaron que la empresa se encuentra en una etapa intermedia de madurez, presentando un desempeño satisfactorio en los aspectos de Lead Times y Agilidad SCM, pero con oportunidades de mejora en Visibilidad SCM y Stock en Tiempo Real. El análisis evidencia la importancia de la transformación digital para fortalecer la competitividad en las cadenas de suministro e indica la necesidad de acciones estratégicas orientadas a ampliar la integración y la trazabilidad de los procesos.

Palabras clave: Cadena de Suministro. Industria 4.0. Madurez Organizacional. PIMM 4.0.





1. INTRODUÇÃO

O advento da Indústria 4.0 representa uma transformação profunda nos modelos de produção e gestão industrial, caracterizada pela integração de tecnologias digitais avançadas, como Internet das Coisas (IoT), big data, inteligência artificial e automação inteligente. (Kagermann, Wahlster & Helbig, 2013; Lasi *et al.*, 2014) Este novo paradigma busca não apenas otimizar processos produtivos, mas também reconfigurar cadeias de valor inteiras, promovendo ambientes industriais mais flexíveis, responsivos e conectados. (Kamble, Gunasekaran & Sharma, 2020). Nesse contexto, a gestão da cadeia de suprimentos emerge como um dos elementos centrais para o sucesso da transformação digital, uma vez que a eficiência no fluxo de materiais, informações e recursos se torna determinante para a competitividade das organizações. Segundo Ivanov e Dolgui (2021), a gestão da cadeia de suprimentos é elemento central para o sucesso da transformação digital, uma vez que a eficiência no fluxo de materiais, informações e recursos se torna determinante para a competitividade das organizações (Queiroz *et al.*, 2021).

A cadeia de suprimentos tradicional, historicamente voltada à função logística operacional, vem passando por uma reconfiguração estratégica impulsionada pelas exigências da Indústria 4.0. De acordo com Huang *et al.* (2023), A busca por maior visibilidade, integração e agilidade exige das empresas a adoção de práticas digitais que permitam o monitoramento em tempo real, a previsão de demandas, a otimização dos estoques e a capacidade de resposta rápida às mudanças do mercado. Assim, a avaliação da maturidade dos processos logísticos e de suprimentos torna-se uma ferramenta crucial para diagnosticar o estágio atual das organizações e orientar ações de desenvolvimento. (Zhang, 2025).

Entre as metodologias disponíveis para essa avaliação, destaca-se o PIMM 4.0, desenvolvido com o objetivo de mensurar, de forma sistemática e multidimensional, o grau de prontidão das empresas brasileiras em relação aos princípios da Indústria 4.0. Este modelo permite identificar os níveis de maturidade tecnológica em diversas dimensões organizacionais, subsidiando estratégias para a transformação digital progressiva e planejada. (Azevedo; Santiago, 2019).

Diante desse cenário, o presente estudo tem como objetivo analisar o nível de maturidade da dimensão Cadeia de Suprimentos em uma empresa do setor eletroeletrônico do Polo Industrial de Manaus, utilizando a metodologia PIMM 4.0





como instrumento de diagnóstico. A escolha da dimensão estudada justifica-se pela sua importância estratégica no contexto da Indústria 4.0 e pelo impacto direto que práticas de gestão de suprimentos mais integradas e digitais podem gerar sobre a competitividade organizacional.

Quanto à organização do trabalho, além desta introdução, a Seção 2 apresenta o referencial teórico, abordando os conceitos de Indústria 4.0, maturidade organizacional e cadeia de suprimentos. A Seção 3 descreve os procedimentos metodológicos adotados na pesquisa. A Seção 4 apresenta e discute os resultados obtidos a partir da aplicação do modelo PIMM 4.0. Por fim, a Seção 5 expõe as considerações finais, destacando as principais conclusões, limitações do estudo e sugestões para pesquisas futuras.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 INDÚSTRIA 4.0

A Indústria 4.0, também chamada de quarta revolução industrial, emergiu oficialmente em 2011 na Alemanha, impulsionado pelo lançamento do projeto *High-Tech Strategy 2020*. Tal iniciativa visava reposicionar o país no cenário internacional, buscando fortalecer a competitividade da indústria manufatureira frente às novas exigências tecnológicas e de mercado (Ival; Silva; Alencar, 2021; Pereira; Oliveira, 2018). Nesse contexto, a proposta se consolidou como uma estratégia de inovação, promovendo a integração de tecnologias digitais aos processos produtivos tradicionais.

Conforme destacado por Gimenez e dos Santos (2019), um dos principais objetivos da Indústria 4.0 é a coleta e a análise de dados provenientes das máquinas e dos processos, de modo a tornar a produção mais ágil, eficiente e, simultaneamente, reduzir custos e elevar a qualidade dos produtos. Para que isso ocorra, torna-se fundamental a convergência entre os avanços da tecnologia da informação e da engenharia de produção, os quais possibilitam a criação de sistemas cada vez mais autônomos e integrados. (Frank, Dalenogare & Ayala, 2019). Assim, cada etapa do desenvolvimento de um produto passa a ser permeada por uma interação intensa entre tecnologias digitais e físicas, delineando um novo padrão industrial. (Monostori *et al.*, 2016).





Ainda que o impulso tecnológico seja um dos pilares da Indústria 4.0, a filosofia que a sustenta vai além da inovação técnica. A busca por melhoria contínua, eficiência, segurança operacional e aumento da produtividade, bem como a otimização do retorno sobre investimento, são elementos centrais desse novo paradigma industrial (Coelho, 2016). A fábrica inteligente, nesse novo cenário, ganha a capacidade de programar suas próprias manutenções, prever falhas antes que ocorram e adaptar seus processos de produção a mudanças inesperadas na demanda ou nas condições de mercado. (Maestri *et al.*, 2021).

A expansão dessa manufatura avançada fundamenta-se na combinação de tecnologias de informação e práticas de engenharia, elementos que se organizam em torno dos chamados pilares da Indústria 4.0. Segundo Ghobakhloo (2020), Esses pilares estruturam as bases para a transformação digital da indústria, incorporando ferramentas como Internet das Coisas (IoT), computação em nuvem, manufatura aditiva, inteligência artificial e integração ciberfísica. (Frank, Dalenogare & Ayala, 2019).

Entretanto, essa nova revolução não se limita à adoção de tecnologias disruptivas. Ela exige, igualmente, uma mudança na maneira como as organizações operam e se estruturam. A Indústria 4.0 demanda que as empresas atendam às necessidades específicas dos clientes, aprimorem suas plataformas de comunicação e coordenação e desenvolvam competências analíticas para interpretar grandes volumes de dados. Nesse sentido, a figura dos gestores também se transforma, exigindo profissionais capazes de coletar, analisar, compartilhar e utilizar informações estratégicas para aprimorar continuamente a eficiência e a produtividade (Ellitan; Anatan, 2020).

Em síntese, a Indústria 4.0 representa não apenas uma revolução tecnológica, mas também uma transformação estrutural e estratégica no modo de organizar e conduzir as atividades industriais, impondo novos desafios e exigências à gestão, à engenharia e à sociedade como um todo. (Sacomano, *et. al.*, 2018).

2.2 MATURIDADE DA INDÚSTRIA 4.0

No âmbito da Indústria 4.0, a busca pela avaliação precisa dos processos produtivos impulsiona as empresas a adotarem o conceito de capacidade como ferramenta central. Essa capacidade, conforme proposta por diferentes modelos





metodológicos, visa medir a aptidão e a prontidão das organizações para operar em um ambiente cada vez mais digital e integrado. (Wagire *et al.*, 2021) Apesar das abordagens distintas, todos os modelos convergem para o mesmo objetivo: elevar a eficácia operacional e alinhar os processos às exigências da nova revolução industrial (Itikawa; Santiago, 2022). Nesse sentido, a capacidade torna-se um elemento estratégico, pois fornece indicadores objetivos sobre o nível de maturidade e promove uma base sólida para a definição de ações de transformação tecnológica.

De forma complementar, a noção de maturidade emerge como um mecanismo estruturado para quantificar e qualificar a evolução dos processos no contexto da Indústria 4.0. Segundo Azevedo e Santiago (2019) para possibilitar essa mensuração, diversas metodologias foram desenvolvidas, cada uma oferecendo instrumentos próprios como modelos matemáticos, avaliações descritivas e comparações entre práticas, mas todas orientadas para aprimorar a eficiência e a capacidade de adaptação das empresas (Barros 2022; Itikawa; Santiago, 2022). A maturidade, nesse cenário, é mais do que uma medida técnica: representa um diagnóstico estratégico que subsidia a tomada de decisão gerencial, permitindo não apenas identificar o estágio atual, mas também projetar caminhos de evolução contínua rumo a níveis mais avançados de desempenho digital.

Ainda nesse contexto, os modelos de maturidade se estruturam a partir de dimensões e níveis de desenvolvimento que capturam a evolução dos processos organizacionais. Segundo Dikhanbayeva (2020) esses modelos, fundamentados na premissa de que pessoas, áreas funcionais e organizações amadurecem progressivamente, buscam integrar capacidades essenciais para que as empresas atinjam padrões superiores de eficiência e inovação. Complementarmente, estudos indicam que a aplicação desses referenciais, torna-se possível não apenas diagnosticar deficiências existentes, mas também traçar estratégias de correção e adaptação específicas para cada estágio identificado. (Santos; Martinho, 2020). Assim, os modelos de maturidade oferecem às empresas um guia prático e dinâmico para impulsionar seu crescimento tecnológico de forma planejada e sustentável.

2.3 CADEIA DE SUPRIMENTOS

A cadeia de suprimentos representa um conjunto de atividades interligadas que visa transformar matérias-primas em produtos acabados e entregá-los ao





consumidor final. Segundo Christopher (2016) uma gestão eficiente desse processo pode se traduzir em uma vantagem competitiva substancial para as organizações. Além da redução de custos operacionais, uma cadeia de suprimentos bem coordenada contribui para aprimorar a capacidade de resposta às demandas de mercado, proporcionando aos consumidores produtos e serviços com maior agilidade e qualidade. (Queiroz *et al.*, 2021; Ivanov & Dolgui, 2020). Assim, dominar essa gestão não é apenas uma questão de eficiência interna, mas uma estratégia vital para a diferenciação no ambiente competitivo contemporâneo.

Ao longo dos últimos anos, a gestão da cadeia de suprimentos passou por profundas transformações. Se antes sua função estava majoritariamente voltada para aspectos operacionais, como o abastecimento das linhas de produção e a entrega aos clientes, hoje ela assume uma posição muito mais estratégica. Observa-se, nesse sentido, a emergência de processos de planejamento mais avançados, como o planejamento analítico de demanda e a integração entre vendas e operações (S&OP), consolidando-se como práticas essenciais em muitas organizações (Cunha, 2019). Simultaneamente, as atividades de logística operacional, como armazenagem e transporte, foram em grande parte terceirizadas. A gestão eficiente da cadeia implica uma análise criteriosa das fontes de suprimento, levando em consideração fatores como qualidade, prazos, competitividade de preços, condições de pagamento e localização geográfica, com o objetivo de otimizar os custos logísticos e assegurar a disponibilidade dos produtos no sistema. (Ballou, 1993)

Nesse novo cenário, a Indústria 4.0 impõe às empresas a necessidade de repensarem integralmente a estrutura e a operação de suas cadeias de suprimentos. A introdução de tecnologias disruptivas, como Internet das Coisas (IoT), inteligência artificial e big data, altera profundamente os modelos tradicionais de trabalho, ampliando as expectativas dos consumidores e exigindo maior flexibilidade e integração (Cunha, 2019; Silva; Kawakame, 2019). O conceito de Supply Chain 4.0 surge justamente como resposta a essas novas demandas, propondo uma cadeia digitalizada, capaz de eliminar fontes de desperdício relacionadas à complexidade excessiva, à falta de integração entre equipes e processos, à deficiência na mensuração de resultados, e a fragilidades nos relacionamentos com fornecedores, controle de estoques, distribuição e transporte (Silva; Kawakame, 2019). Dessa forma, a transformação digital da cadeia de suprimentos não apenas potencializa





ganhos operacionais, mas também representa um elemento crítico para sustentar a competitividade das organizações em um mercado cada vez mais orientado pela inovação e pela eficiência.

3. METODOLOGIA

Este estudo configura-se como uma pesquisa aplicada, de abordagem qualitativa e quantitativa, com delineamento descritivo e procedimento técnico de estudo de caso. O objetivo é analisar o nível de maturidade da dimensão Cadeia de Suprimentos em uma empresa do segmento eletroeletrônico fabricante de TV, Microondas e Eletrodomésticos no (PIM) Polo Industrial de Manaus, utilizando a metodologia PIMM 4.0.

Desenvolvido por Azevedo e Santiago (2019), o PIMM 4.0 constitui um modelo de avaliação multinível e multidimensional da maturidade em Indústria 4.0, aplicada desde 2019 em diversos segmentos industriais. Para este estudo, a coleta de dados foi realizada por meio da plataforma PIMM 4.0, que dispõe de módulos de Diagnóstico, RoadMap, Maturidade do Fluxo de Valor (MFV) e Dashboards, permitindo uma análise estruturada e integrada

A aplicação concentrou-se na dimensão Cadeia de Suprimentos, com a avaliação das seguintes subdimensões: Estoque em Tempo Real, Integração SCM, Visibilidade SCM, Agilidade SCM e Lead Times. O instrumento de coleta consistiu em questionários estruturados baseados na metodologia PIMM 4.0, os quais avaliaram a percepção dos gestores em relação ao grau de maturidade tecnológica dos processos.

As respostas foram mensuradas em uma escala ordinal de 1 a 4, representando diferentes níveis de evolução tecnológica:

- Nível 1 (Digital): Presença de baixa tecnologia aplicada aos processos;
- Nível 2 (Tecnológico): Integração parcial com sistemas automatizados;
- Nível 3 (Transição): Elevada integração tecnológica e visibilidade operacional significativa;
- Nível 4 (Avançado): Integração total e otimização abrangente dos processos organizacionais.





A Tabela 1 apresenta uma versão adaptada das descrições das subdimensões da cadeia de suprimentos descritas na metodologia PIMM 4.0 (Santiago, 2019)

Tabela 1

Descrição das variáveis da dimensão Cadeia de Suprimentos

Sub Dimensão	Descritivo
Estoque em tempo real	Refere-se ao monitoramento instantâneo das informações de estoque, permitindo maior precisão no controle de materiais e favorecendo a interoperabilidade entre sistemas.
Integração da Cadeia de Suprimentos	Avalia o grau de conexão entre os diferentes elos da cadeia, considerando o alinhamento dos canais internos e externos que sustentam o fluxo logístico.
Visibilidade da Cadeia de Suprimentos	Corresponde à capacidade da organização de acompanhar todas as etapas da cadeia de ponta a ponta garantindo transparência e eficiência.
Agilidade da Cadeia de Suprimentos	Mede o nível de resposta da cadeia diante de mudanças externas, refletindo sua capacidade de adaptação dentro do ecossistema empresarial.
Lead Times	Relaciona-se ao tempo total para entrega, englobando etapas como produção, movimentação e períodos de espera.

Fonte: Tabela adaptada de [Santiago,2019].

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise dos dados obtidos a partir da aplicação do modelo PIMM 4.0 permitiu avaliar o nível de maturidade tecnológica da dimensão Cadeia de Suprimentos em uma empresa do setor eletroeletrônico do Polo Industrial de Manaus. As médias referentes às subdimensões analisadas encontram-se apresentadas na Tabela 2, a seguir.

Tabela 2

Média de Maturidade das Subdimensões da Cadeia de Suprimentos

Dimensão	Sub Dimensão	Média
	Estoque em tempo real	2,28





Cadeia de Suprimentos	Integração da Cadeia de Suprimentos	2,45
	Visibilidade da Cadeia de Suprimentos	2,34
	Agilidade da Cadeia de Suprimentos	2,46
	Lead Times	2,60

Fonte: Dados da Pesquisa (2025)

A partir dos resultados, observa-se que a subdimensão Lead Times apresentou a maior média (2,60), indicando que a empresa possui processos relativamente eficientes na gestão do tempo total entre a solicitação e a entrega dos produtos. Em seguida, destacam-se Agilidade SCM (2,46) e Integração SCM (2,45), sugerindo que a empresa já alcançou um nível razoável de flexibilidade e integração em seus processos logísticos. Tais resultados indicam que, embora a organização ainda não tenha atingido a plena maturidade digital, ela avança para um cenário de processos mais rápidos e melhor coordenados.

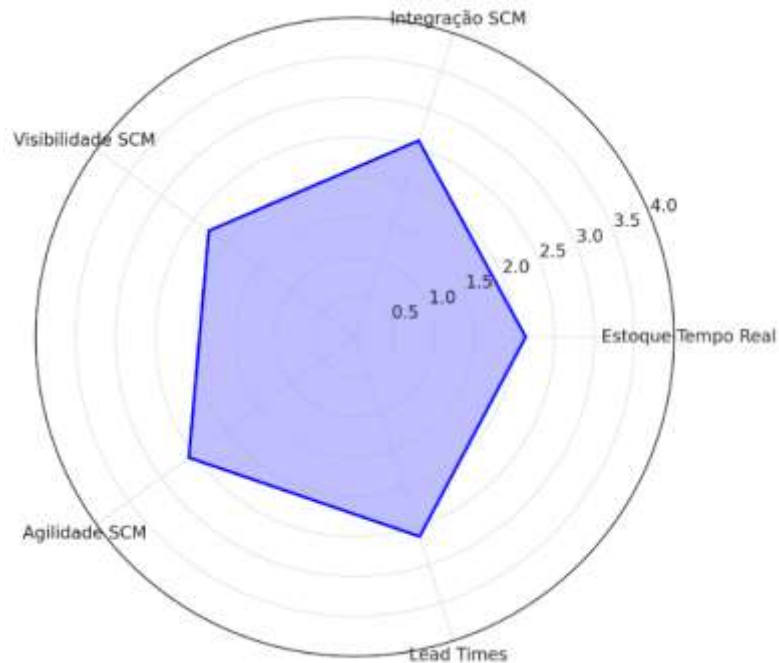
Por outro lado, Visibilidade SCM (2,34) e Estoque em Tempo Real (2,28) apresentaram os menores valores médios. Esses indicadores revelam desafios na capacidade de monitorar em tempo real as operações da cadeia de suprimentos e na transparência de informações ao longo dos fluxos logísticos. A limitação em visibilidade operacional pode comprometer a capacidade da empresa de antecipar falhas, otimizar estoques e adaptar-se rapidamente às variações de demanda.

Para facilitar a visualização comparativa do desempenho das subdimensões avaliadas, a Figura 1 apresenta um gráfico do tipo radar que ilustra o comportamento das médias obtidas na dimensão Cadeia de Suprimentos.

Figura 1

Representação Gráfica da Maturidade por Subdimensão da Cadeia de Suprimentos





Fonte: Elaborado pelo Autor (2025)

A interpretação do gráfico radar confirma o perfil de maturidade intermediária da organização, evidenciando que, apesar de avanços importantes na integração de sistemas e na redução de lead times, ainda existem oportunidades significativas de melhoria relacionadas à visibilidade operacional e à gestão de estoques em tempo real.

Esses resultados estão alinhados com as tendências apontadas na literatura sobre Supply Chain 4.0, em que se destaca a necessidade de maior integração digital e analítica para viabilizar cadeias de suprimentos verdadeiramente inteligentes (CUNHA, 2019; SILVA; KAWAKAME, 2019). No contexto da Indústria 4.0, a empresa analisada demonstra avanços relevantes, mas ainda enfrenta desafios típicos da transição para cadeias de suprimentos digitais, especialmente no que tange à superação de silos de informação, à integração plena entre parceiros e à ampliação da capacidade de resposta em tempo real.

Em síntese, a avaliação realizada revela que a empresa encontra-se em um estágio de transição tecnológica, com maturidade intermediária na dimensão Cadeia de Suprimentos, necessitando fortalecer aspectos de visibilidade e monitoramento contínuo para alcançar níveis mais elevados de integração e eficiência compatíveis com os princípios da Indústria 4.0.





5. CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo analisar o nível de maturidade da dimensão Cadeia de Suprimentos em uma empresa do setor eletroeletrônico situada no Polo Industrial de Manaus, utilizando como referência a metodologia PIMM 4.0. A partir da aplicação do diagnóstico, foi possível identificar que a organização se encontra em um estágio intermediário de maturidade tecnológica, apresentando avanços importantes, mas ainda com desafios significativos no processo de transformação digital.

Os resultados evidenciaram que a empresa possui desempenho satisfatório em subdimensões como Lead Times, Integração SCM e Agilidade SCM, indicando esforços consistentes para reduzir o tempo de atendimento ao cliente e fortalecer a integração com parceiros da cadeia. Contudo, fragilidades foram detectadas em Estoque em Tempo Real e Visibilidade SCM, apontando para a necessidade de investimentos em tecnologias que promovam rastreabilidade, monitoramento contínuo e tomada de decisão baseada em dados em tempo real.

Nesse contexto, a análise realizada confirma que a evolução da cadeia de suprimentos, no ambiente da Indústria 4.0, demanda mais do que automação pontual: requer a construção de cadeias digitais, altamente conectadas, responsivas e orientadas para a geração contínua de valor. A empresa analisada, embora já tenha dado passos importantes nessa direção, ainda possui oportunidades para consolidar práticas mais avançadas de integração digital.

Como contribuição prática, este estudo fornece à organização um diagnóstico estruturado que evidencia suas principais lacunas e potencialidades, oferecendo subsídios para o planejamento de ações estratégicas voltadas ao aprimoramento da visibilidade operacional, do monitoramento em tempo real dos estoques e da integração entre os elos da cadeia. Tais informações podem auxiliar na definição de investimentos prioritários em tecnologias emergentes e na reestruturação de processos logísticos essenciais para aumentar a competitividade no ambiente industrial atual.

Como limitação deste estudo, destaca-se a análise concentrada em uma única dimensão e em uma única organização, o que restringe a generalização dos resultados. Assim, recomenda-se que futuras pesquisas ampliem o escopo para incluir outras dimensões do modelo PIMM 4.0 e contemplem a comparação entre





diferentes segmentos industriais do Polo Industrial de Manaus, enriquecendo a compreensão dos fatores que impulsionam ou limitam a maturidade em Indústria 4.0 no contexto brasileiro.

Contudo, o estudo reforça a importância de abordagens estruturadas para o diagnóstico da maturidade digital e destaca o papel estratégico da cadeia de suprimentos como vetor central na jornada de transformação rumo à Indústria 4.0.

6. AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela força, sabedoria e oportunidade de concluir mais esta etapa da minha trajetória acadêmica.

Agradeço também aos meus professores e orientadores, que compartilharam conhecimento, direcionamento e experiências valiosas ao longo deste percurso. Sua dedicação ao ensino e compromisso com a formação de seus alunos foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Estendo meus agradecimentos aos amigos que compartilharam comigo os desafios e conquistas deste percurso, oferecendo companheirismo, escuta e estímulo nos momentos que exigiram resiliência.

De forma especial, incluo em minha gratidão às pessoas que passaram pela minha trajetória e, mesmo não caminhando mais ao meu lado, deixaram marcas de aprendizado, força e inspiração. Foram presenças que, por um tempo, ajudaram a sustentar meus passos e que, embora tenham seguido rumos diferentes, permanecem na memória do que construí ao longo desta formação.

A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para a construção desta pesquisa, deixo meus sinceros agradecimentos.

7. REFERÊNCIAS

Azevedo, A., & Santiago, S. B. (2019). *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 (pp. 23–25), Toronto, ON, Canada.

Ballou, R. H. (1993). *Logística empresarial: transporte, administração de materiais e distribuição física*. Atlas.

Christopher, M. (2016). *Logistics and supply chain management: Logistics & supply*





chain management. Pearson UK.

- Coelho, P. M. N. (2016). *Rumo à Indústria 4.0* (Dissertação de mestrado). Universidade de Coimbra.
- Da Silva, E., & Kawakame, M. D. S. (2019). *Logística 4.0: Desafios e inovações*. In Anais do IX Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção.
- Da Silva, I. A., & Barbalho, S. C. M. (2020). *Modelos de maturidade para Indústria 4.0: Estudos de caso*. In Anais do Congresso Nacional de Excelência em Gestão, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 20–23 de outubro.
- Dikhanbayeva, D., et al. (2020). Assessment of Industry 4.0 maturity models by design principles. *Sustainability*, 12(23), 9927.
- Ellitan, L., & Anatan, L. (2020). Achieving business continuity in Industrial 4.0 and Society 5.0. *International Journal of Trend in Scientific Research and Development (IJTSRD)*, 4(2), 235–239.
- Frank, A. G.; Dalenogare, L. S.; Ayala, N. F. Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. *International Journal of Production Economics*, v. 210, p. 15–26, 2019. DOI: 10.1016/j.ijpe.2019.01.004
- GIMENEZ, D. M.; DOS SANTOS, A. L. (2019). Indústria 4.0, Manufatura Avançada e seus Impactos sobre o Trabalho. Unicamp – Instituto de Economia.
- GHOBAKHLOO, M. (2020) Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, v. 252, 119869, 2020. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.119869
- Huang, K., et al. (2023). The impact of industry 4.0 on supply chain capability and resilience. *Journal of Operations Management*. DOI: doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.108913
- Itikawa, M., & Santiago, S. B. (2022). Industry 4.0 maturity: A case study of a maturity model applied to the Manaus Free Trade Zone company. *International Journal of Development Research*, 12(8), 58238–58245.
- IVANOV, D.; DOLGUI, A. A digital supply chain twin for managing the disruption risks and resilience in the era of Industry 4.0. *Production Planning & Control*, v. 32, n. 2–3, p. 1–15, 2021. DOI: 10.1080/09537287.2020.1768450
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0. Acatech – National Academy of Science and Engineering.
- Kamble, S. S., Gunasekaran, A., & Sharma, R. (2020). Analysis of the driving and dependence power of barriers to adopt Industry 4.0 in Indian manufacturing industry. *Computers in Industry*, 101, 107–119. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.06.004>





- MONOSTORI, L.; KÁDÁR, B.; BAUER, W.; et al. Cyber-physical systems in manufacturing. *CIRP Annals – Manufacturing Technology*, v. 65, n. 2, p. 621–641, 2016. DOI: 10.1016/j.cirp.2016.06.005
- PEREIRA, A. C.; OLIVEIRA, M. P. V. Indústria 4.0: conceitos, princípios e aplicações. *Revista Produção Online*, v. 18, n. 2, p. 606–629, 2018.
- QUEIROZ, M. M.; FOSSO WAMBA, S.; MACHADO, M. C.; TELLES, R. Blockchain adoption in operations and supply chain management: empirical evidence from an emerging economy. *International Journal of Production Research*, v. 59, n. 20, p. 6087–6103, 2021. DOI: 10.1080/00207543.2020.1803511
- SACOMANO, J. B.; GONÇALVES, R. F.; DA SILVA, M. T.; BONILLA, S. H.; SÁTYRO, W. C. (2018). *Indústria 4.0: Conceitos e Fundamentos*. 1ª ed. São Paulo, Brasil: Blucher.
- Santos, A. B., Oliveira, R. C., & Lima, J. P. (2020). Gestão da cadeia de suprimentos e maximização da produção e serviços: Um estudo quantitativo na indústria de eletrodomésticos, TVs e micro-ondas. *Revista de Administração e Inovação*, 17(3), 274–290.
- Silva, M. F., Santos, R. C., & Oliveira, J. M. (2018). Gestão da cadeia de suprimentos no polo industrial de Manaus: Um estudo sobre a importância relativa das dimensões. *Revista Brasileira de Gestão e Inovação*, 6(2), 46–61.
- Wagire, AA, Joshi, R., Rathore, APS, & Jain, R. (2021). Desenvolvimento de um modelo de maturidade para avaliar a implementação da Indústria 4.0: aprendendo com a teoria e a prática. *Production Planning & Control*, 32 (8), 603–622. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1744763>
- Zhang, Y. (2025). Digital transformations of supply chain management via Industry via RFID technology: A systematic literature review *Journal of Digital Economy* DOI: 10.1016/j.techsoc.2020.101248

