

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

RUAN GABRIEL DO NASCIMENTO MELO

AVALIAÇÃO DA MATURIDADE EM INDÚSTRIA 4.0 EM
UMA EMPRESA FARMACÊUTICA BRASILEIRA:
APLICAÇÃO DO MODELO PIMM 4.0

MANAUS

2025

RUAN GABRIEL DO NASCIMENTO MELO

**AVALIAÇÃO DA MATURIDADE EM INDÚSTRIA 4.0 EM
UMA EMPRESA FARMACÊUTICA BRASILEIRA:
APLICAÇÃO DO MODELO PIMM 4.0**

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

Orientador: Prof. Dr. Sandro Breval Santiago

MANAUS

2025

RUAN GABRIEL DO NASCIMENTO MELO

**AVALIAÇÃO DA MATURIDADE EM INDÚSTRIA 4.0 EM
UMA EMPRESA FARMACÊUTICA BRASILEIRA:
APLICAÇÃO DO MODELO PIMM 4.0**

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

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

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Sandro Breval Santiago - UFAM
Orientador

Prof. Dr. Aristides da Rocha Oliveira Júnior - UFAM
Avaliador

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

AVALIAÇÃO DA MATURIDADE EM INDÚSTRIA 4.0 EM UMA EMPRESA FARMACÊUTICA BRASILEIRA: APLICAÇÃO DO MODELO PIMM 4.0

RUAN GABRIEL DO NASCIMENTO MELO

SANDRO BREVAL SANTIAGO

RESUMO

Este estudo tem como objetivo avaliar a maturidade da Indústria 4.0 em uma empresa farmacêutica localizada em São Paulo, identificando avanços e desafios tecnológicos, estratégicos e culturais por meio do modelo PIMM 4.0. Foram abordados os conceitos da Indústria 4.0, modelos de maturidade internacional (IMPULS, Acatech, PwC, ISO) e o modelo PIMM 4.0, desenvolvido para o contexto brasileiro. Destaca-se a relevância do setor farmacêutico, caracterizado por alta regulação, intensa atividade de P&D e demanda por rastreabilidade, fatores que impactam a implementação de tecnologias 4.0. Trata-se de um estudo de caso quantitativo e descritivo aplicado a uma empresa farmacêutica, cuja coleta de dados foi realizada por meio do questionário estruturado do PIMM 4.0, avaliando oito dimensões: Produtos e Serviços, Manufatura e Operações, Estratégia e Organização, Cadeia de Suprimentos, Modelo de Negócio, Interoperabilidade, Pessoas e Cultura e Sustentabilidade. Cada dimensão foi mensurada em escala Likert de 1 a 4, e os dados analisados por médias e gráficos radar. Os resultados apontam que a empresa apresenta maturidade intermediária, predominando os níveis 2 (Tecnológico) e 3 (Transição). Dimensões como Produtos e Serviços, Cadeia de Suprimentos, Modelo de Negócio, Interoperabilidade e Sustentabilidade encontram-se em estágio de transição, enquanto Manufatura e Operações, Estratégia e Organização e Pessoas e Cultura revelam fragilidades significativas. Apesar dos investimentos tecnológicos, lacunas organizacionais e culturais ainda limitam a plena adoção da Indústria 4.0. A avaliação por meio do PIMM 4.0 fornece um diagnóstico preciso do nível de maturidade, permitindo à empresa identificar áreas críticas e direcionar esforços para capacitação, integração tecnológica e mudança cultural, alinhando estratégia e tecnologia para avançar na transformação digital. A pesquisa evidencia os desafios e oportunidades do setor farmacêutico brasileiro na era da Indústria 4.0, demonstrando a aplicabilidade do PIMM 4.0 como ferramenta adaptada ao contexto nacional e destacando a importância de políticas e práticas de integração tecnológica e desenvolvimento humano.

Palavras-chave: Indústria 4.0; PIMM 4.0; Manufatura e Operações; Modelo de Negócio; Transformação Digital.

ABSTRACT

This study aims to evaluate the maturity of Industry 4.0 in a pharmaceutical company located in São Paulo, identifying technological, strategic, and cultural advances and challenges through the PIMM 4.0 model. The concepts of Industry 4.0, international maturity models (IMPULS, Acatech, PwC, ISO), and the PIMM 4.0 model, developed for the Brazilian context, were addressed. The relevance of the pharmaceutical sector stands out, characterized by high regulation, intense R&D activity, and demand for traceability, factors that impact the implementation of Industry 4.0 technologies. This is a quantitative and descriptive case study applied to a pharmaceutical company, whose data collection was carried out using the structured questionnaire of PIMM 4.0, evaluating eight dimensions: Products and Services, Manufacturing and Operations, Strategy and Organization, Supply Chain, Business Model, Interoperability, People and Culture, and Sustainability. Each dimension was measured on a Likert scale from 1 to 4, and the data analyzed using averages and radar charts. The results indicate that the company presents intermediate maturity, with levels 2 (Technological) and 3 (Transition) predominating. Dimensions such as Products and Services, Supply Chain, Business Model, Interoperability, and Sustainability are in a transition stage, while Manufacturing and Operations, Strategy and Organization, and People and Culture reveal significant weaknesses. Despite technological investments, organizational and cultural gaps still limit the full adoption of Industry 4.0. Assessment through PIMM 4.0 provides a precise diagnosis of the maturity level, allowing the company to identify critical areas and

direct efforts towards training, technological integration, and cultural change, aligning strategy and technology to advance digital transformation. The research highlights the challenges and opportunities of the Brazilian pharmaceutical sector in the Industry 4.0 era, demonstrating the applicability of PIMM 4.0 as a tool adapted to the national context and emphasizing the importance of policies and practices for technological integration and human development.

Keywords: Industry 4.0; PIMM 4.0; Manufacturing and Operations; Business Model; Digital Transformation.

1. INTRODUÇÃO

A Indústria 4.0 pode ser entendida como a convergência entre tecnologias digitais, físicas e biológicas, resultando em processos produtivos cada vez mais integrados e inteligentes, configurados em sistemas ciberfísicos conectados e adaptativos (Kagermann; Wahlster; Helbig, 2013; Lee; Bagheri; Kao, 2015). Esse movimento é sustentado por recursos como Internet das Coisas (IoT), big data, inteligência artificial e computação em nuvem, que possibilitam um modelo produtivo orientado por dados em tempo real (Hermann; Pentek; Otto, 2016; Liao et al., 2017).

A incorporação desse paradigma vai além do aspecto tecnológico: exige mudanças estratégicas, culturais e estruturais nas organizações, além de impactar diretamente os modelos de negócio (Sommer, 2015; Mittal et al., 2018). Em âmbito internacional, ferramentas de referência como o modelo IMPULS (Lichtblau et al., 2015) e o Acatech Industrie 4.0 Maturity Index (Schuh et al., 2017) têm servido como guias para a transformação digital de empresas. Entretanto, como foram concebidos em contextos com infraestrutura avançada, sua aplicação direta em países emergentes apresenta limitações (Torres; Gonçalves, 2020; Oliveira; Nascimento, 2022).

No Brasil, a Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2016) já havia apontado que a maior parte das empresas se encontra em fases iniciais de digitalização. Estudos mais recentes confirmam esse cenário heterogêneo, destacando entraves relacionados à infraestrutura e à qualificação da força de trabalho. Com o intuito de responder a essas especificidades, Azevedo e Santiago (2019) propuseram o PIMM 4.0, modelo de maturidade ajustado à realidade brasileira, que avalia oito dimensões: Produtos e Serviços, Manufatura, Estratégia, Cadeia de Suprimentos, Modelo de Negócio, Interoperabilidade, Pessoas e Cultura, além de Sustentabilidade.

Pesquisas posteriores demonstraram sua aplicabilidade em setores diversos, como eletroeletrônico, automotivo e farmacêutico (Santos et al., 2020; Fernandes; Almeida, 2021; Costa; Amaral, 2021).

O setor farmacêutico merece atenção especial nesse debate, pois é marcado por forte regulação, necessidade de rastreabilidade e alto investimento em pesquisa e desenvolvimento. Esses fatores tornam a digitalização simultaneamente uma oportunidade de ganhos em eficiência e um desafio no atendimento às exigências regulatórias (Zhou; Liu; Zhou, 2015; Machado; Pereira, 2021). Nesse sentido, investigar o grau de maturidade digital de empresas farmacêuticas brasileiras torna-se essencial para mapear barreiras e identificar potenciais de competitividade.

Diante disso, este artigo tem como propósito avaliar o nível de maturidade em Indústria 4.0 de uma empresa farmacêutica sediada em São Paulo, utilizando o PIMM 4.0 como instrumento de análise. A contribuição central está em oferecer um diagnóstico empírico sobre a prontidão digital do setor farmacêutico brasileiro, articulando dimensões tecnológicas, estratégicas e culturais que sustentam sua transição rumo à Indústria 4.0.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O conceito de Indústria 4.0 surgiu na Alemanha, em 2011, dentro da High-Tech Strategy 2020 (Kagermann; Wahlster; Helbig, 2013), e rapidamente se consolidou como referência mundial em políticas voltadas à digitalização industrial. Essa nova fase caracteriza-se pela convergência de tecnologias como Internet das Coisas (IoT), sistemas ciberfísicos, big data analytics, inteligência artificial, computação em nuvem e manufatura aditiva, possibilitando maior integração tanto vertical quanto horizontal das cadeias produtivas (Lee; Bagheri; Kao, 2015; Hermann; Pentek; Otto, 2016).

Pesquisas apontam que os impactos da Indústria 4.0 vão além dos ganhos produtivos, implicando transformações estratégicas, culturais e organizacionais nas empresas (Sommer, 2015; Mittal et al., 2018). O interesse acadêmico sobre o tema tem crescido de forma significativa, como evidenciam as revisões sistemáticas de Liao et al. (2017) e Zhou, Liu e Zhou (2015), que destacam tanto as oportunidades (eficiência, rastreabilidade e flexibilidade) quanto os desafios (custos de implementação, necessidade de padronização e capacitação da força de trabalho).

No contexto brasileiro, a Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2016) já havia identificado que grande parte das empresas se encontra em estágios iniciais de digitalização, cenário confirmado em estudos posteriores (Torres; Gonçalves, 2020; Oliveira; Nascimento, 2022). Entre os principais obstáculos, destacam-se a limitação

da infraestrutura, os altos custos de adoção, barreiras regulatórias e a carência de profissionais qualificados (Rodrigues; Freitas, 2021; Costa; Souza, 2021).

No setor farmacêutico, a adoção das práticas associadas à Indústria 4.0 mostra-se particularmente promissora. Além de contribuir para maior rastreabilidade e confiabilidade dos dados, pode acelerar os processos de pesquisa e desenvolvimento. Entretanto, sua implementação requer atenção redobrada em aspectos regulatórios e de segurança da informação (Costa; Amaral, 2021; Machado; Pereira, 2021).

2.1 NÍVEIS DE MATURIDADE

A avaliação da maturidade digital tem papel fundamental para que as empresas compreendam seu estágio atual, realizem comparações com outras organizações e tracem roteiros estratégicos de evolução (Mittal et al., 2018). Nesse contexto, diversos modelos foram desenvolvidos no cenário internacional.

O IMPULS Industry 4.0 Readiness, elaborado pelo Fraunhofer IPT, propõe a análise de seis dimensões, incluindo estratégia, clientes, operações e cultura organizacional (Lichtblau et al., 2015). Já o Acatech Industrie 4.0 Maturity Index (Schuh et al., 2017; Acatech, 2017) descreve seis estágios de evolução digital, que vão da digitalização inicial até a configuração de uma fábrica adaptativa, consolidando-se como uma das principais referências globais.

Além dessas iniciativas, consultorias internacionais também desenvolveram ferramentas voltadas ao setor privado. Um exemplo é o modelo da PwC (Digital Operations Self-Assessment), que avalia o grau de prontidão e propõe indicadores de evolução (Geissbauer; Vedso; Schrauf, 2016). Em complemento, a ISO 22468 (2020) representou um esforço de padronização internacional para a mensuração da maturidade digital nas organizações.

Apesar da relevância desses instrumentos, é importante destacar que foram concebidos em realidades de países desenvolvidos, caracterizados por infraestrutura robusta e alta capacitação tecnológica. Em contextos emergentes, como o brasileiro, a aplicação direta desses modelos pode gerar diagnósticos imprecisos, tornando necessárias adaptações metodológicas (Torres; Gonçalves, 2020; Oliveira; Nascimento, 2022).

2.2 O MODELO PIMM 4.0

Entre os diversos modelos de maturidade disponíveis, o PIMM 4.0 (Prontidão da Indústria para o Modelo de Maturidade 4.0) ocupa papel de destaque por ter sido desenvolvido especificamente para o contexto brasileiro. Idealizado por Azevedo e Santiago (2019), o modelo surgiu a partir de pesquisas aplicadas ao Polo Industrial de Manaus, região que sintetiza os desafios de implementação da Indústria 4.0 em países emergentes: coexistência de empresas de alto nível tecnológico ao lado de organizações em estágios básicos de digitalização.

O PIMM 4.0 avalia a maturidade em oito dimensões interdependentes:

Produtos e Serviços – avalia o grau de customização, incorporação de valores digitais e capacidade de oferecer soluções orientadas a serviços, alinhando-se ao conceito de servitização discutido por Zhang et al. (2017).

Manufatura e Operações – mede a automação, integração M2M, soluções em nuvem e segurança de TI, em linha com as abordagens de fábricas inteligentes (Lee; Bagheri; Kao, 2015; Wang et al., 2016).

Estratégia e Organização – observa como a Indústria 4.0 é incorporada ao planejamento organizacional, aos investimentos e à liderança, refletindo achados de Sommer (2015) sobre a importância do alinhamento estratégico.

Cadeia de Suprimentos – examina integração, agilidade e visibilidade da cadeia, convergindo com o debate internacional sobre logística 4.0 (Geissbauer; Vedso; Schrauf, 2016).

Modelo de Negócio – avalia a incorporação de dados no processo decisório, manutenção preditiva, PLM e canais digitais de marketing, aproximando-se das reflexões de Schuh et al. (2017) sobre inovação de modelos de negócio.

Interoperabilidade – considera a integração de sistemas ERP, WMS, EDI e VMI, além do compartilhamento de dados na cadeia, coerente com a ênfase de Hermann, Pentek e Otto (2016) na interoperabilidade como princípio-chave da Indústria 4.0.

Pessoas e Cultura – dimensiona competências em TICs, estatística, pensamento crítico, gestão de projetos e prontidão para mudança, alinhando-se a estudos brasileiros sobre déficit de capacitação (Rodrigues; Freitas, 2021).

Sustentabilidade – abrange P&D em sustentabilidade, emissões, uso de recursos, ciclo de vida do produto, ética e capital humano, refletindo a convergência entre sustentabilidade e digitalização apontada por Machado e Pereira (2021).

Cada dimensão é avaliada em uma escala de 1 a 4:

Nível 1 – Digital: presença incipiente de tecnologias, baixo alcance organizacional e integração limitada.

Nível 2 – Tecnológico: adoção inicial de automação e TI, mas sem integração sistêmica.

Nível 3 – Transição: integração crescente de processos e iniciativas avançadas de automação.

Nível 4 – Avançado: plena interoperabilidade, otimização contínua e cultura digital consolidada (Azevedo; Santiago, 2019).

O PIMM 4.0 diferencia-se dos modelos internacionais (IMPULS, Acatech, PwC, ISO) por incorporar dimensões sociais e culturais, frequentemente negligenciadas em frameworks globais. Enquanto o Acatech enfatiza aspectos tecnológicos da fábrica adaptativa (Schuh et al., 2017; Acatech, 2017) e o IMPULS foca prontidão empresarial (Lichtblau et al., 2015), o PIMM reconhece que no Brasil o sucesso da Indústria 4.0 depende também de capital humano, governança organizacional e sustentabilidade.

Sua validade empírica já foi testada em diferentes setores. Santos et al. (2020) aplicaram o mesmo a empresas eletroeletrônicas, identificando lacunas de interoperabilidade. Fernandes e Almeida (2021) utilizaram o PIMM na indústria automotiva, evidenciando que a maturidade tecnológica só se traduz em competitividade quando alinhada à estratégia organizacional. Costa e Amaral (2021) analisaram o setor farmacêutico, confirmando a pertinência do PIMM para captar as particularidades de setores altamente regulados.

Além disso, o PIMM dialoga com debates nacionais sobre desafios estruturais da Indústria 4.0. Estudos como Torres e Gonçalves (2020), Oliveira e Nascimento (2022) e Costa e Souza (2021) reforçam que infraestrutura deficiente, barreiras regulatórias e déficit de competências são gargalos críticos no Brasil. O PIMM 4.0, ao incluir dimensões como Pessoas e Cultura e Sustentabilidade, busca justamente mapear essas barreiras, oferecendo um diagnóstico mais fiel à realidade local.

Dessa forma, o modelo se consolida como um instrumento estratégico para empresas e formuladores de políticas públicas, permitindo não apenas o diagnóstico do estágio atual de maturidade, mas também a construção de roteiros evolutivos contextualizados. Como destacam Mittal et al. (2018), a efetividade de modelos de maturidade depende de sua capacidade de orientar ações práticas. Nesse sentido, o

PIMM 4.0 contribui ao fornecer métricas objetivas e contextualizadas para apoiar a transição da indústria brasileira rumo ao paradigma 4.0.

3. METODOLOGIA

A presente pesquisa foi delineada como um estudo de caso aplicado em uma empresa farmacêutica localizada em São Paulo, visando avaliar seu nível de maturidade em relação à Indústria 4.0 por meio do modelo PIMM 4.0 (Azevedo; Santiago, 2019). A escolha pelo estudo de caso justifica-se pela possibilidade de examinar em profundidade um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto real (Yin, 2015), especialmente quando as fronteiras entre fenômeno e contexto não estão claramente definidas.

3.1 ABORDAGEM E NATUREZA DA PESQUISA

A abordagem utilizada é de caráter quantitativo e descritivo. De acordo com Lakatos e Marconi (2003), pesquisas descritivas têm como objetivo observar, registrar, analisar e correlacionar fatos ou fenômenos sem manipulá-los, sendo apropriadas quando se deseja compreender o nível de adoção de práticas e tecnologias em um determinado contexto. A dimensão quantitativa, por sua vez, permitiu a aplicação de instrumentos estruturados de coleta de dados, garantindo objetividade e confiabilidade (Gil, 2019; Fontenelles et al., 2009).

Esse desenho metodológico alinha-se a práticas já consolidadas em estudos de maturidade organizacional e tecnológica (Lichtblau et al., 2015; Schuh et al., 2017; Mittal et al., 2018), os quais frequentemente utilizam escalas padronizadas para mensuração comparativa.

3.2 UNIDADE DE ANÁLISE E CONTEXTO

A unidade de análise da pesquisa é a empresa farmacêutica em estudo, cujo nome foi preservado em função de cláusulas de confidencialidade. A escolha desse setor é estratégica, pois a indústria farmacêutica conjuga forte base tecnológica, alta regulação e crescente demanda por inovação digital (Costa; Amaral, 2021). Esses fatores tornam o setor um ambiente fértil para avaliar tanto avanços quanto barreiras na implementação da Indústria 4.0.

3.3 INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS

O instrumento de coleta utilizado foi o questionário estruturado do PIMM 4.0, composto por oito dimensões (Produtos e Serviços; Manufatura e Operações; Estratégia e Organização; Cadeia de Suprimentos; Modelo de Negócio; Interoperabilidade; Pessoas e Cultura; Sustentabilidade) subdivididas em variáveis específicas, totalizando mais de 100 indicadores avaliados em escala Likert de 1 a 4 (Azevedo; Santiago, 2019).

Cada nota atribuída representa um nível de maturidade:

Nível 1 – Digital.

Nível 2 – Tecnológico.

Nível 3 – Transição.

Nível 4 – Avançado.

Esse tipo de escala é amplamente utilizado em modelos internacionais (Acatech, 2017; IMPULS, Lichtblau et al., 2015) e permite comparabilidade entre diferentes empresas e setores.

3.4 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE

Os dados coletados foram organizados em planilha eletrônica (Excel), onde foram calculadas médias aritméticas para cada dimensão. Posteriormente, os resultados foram representados por meio de um gráfico radar, técnica frequentemente aplicada em diagnósticos de maturidade (Schumacher; Erol; Sih, 2016; Santos et al., 2020).

Além da análise descritiva, foi realizada uma avaliação comparativa com a literatura, permitindo discutir convergências e divergências entre o caso analisado e tendências identificadas em outros estudos nacionais e internacionais (Sommer, 2015; Wang et al., 2016; Geissbauer; Vedso; Schrauf, 2016).

3.5 LIMITAÇÕES METODOLÓGICAS

Como todo estudo de caso, os resultados não podem ser generalizados para a totalidade das empresas farmacêuticas brasileiras, mas oferecem insights relevantes para compreensão das barreiras e oportunidades específicas desse setor. Yin (2015) e Stake (1995) reforçam que a principal contribuição do estudo de caso é

analítica, não estatística, permitindo aprofundar o entendimento de fenômenos complexos.

Além disso, por se tratar de uma autodeclaração via questionário, há o risco de vieses de percepção, o que deve ser considerado na interpretação dos resultados (Gil, 2019). Ainda assim, a utilização de um modelo consolidado e validado como o PIMM 4.0 confere robustez e confiabilidade ao estudo (Azevedo; Santiago, 2019).

4. RESULTADOS

A aplicação do modelo PIMM 4.0 à empresa farmacêutica analisada permitiu identificar o nível de maturidade da organização em cada uma das oito dimensões avaliadas. Os resultados, expressos em médias calculadas a partir das respostas ao questionário, estão resumidos no Quadro 1.

Quadro 1 – Médias de maturidade por dimensão

Dimensão	Média
Produtos e Serviços	3
Manufatura e Operações	2
Estratégia e Organização	2
Cadeia de Suprimentos	3
Modelo de Negócio	3
Interoperabilidade	3
Pessoas e Cultura	2
Sustentabilidade	3

Os resultados indicam que a empresa se encontra predominantemente nos níveis 2 (Tecnológico) e 3 (Transição) do modelo PIMM 4.0, sugerindo um estágio intermediário de maturidade. A seguir, cada dimensão é analisada em maior detalhe.

4.1 PRODUTOS E SERVIÇOS (MÉDIA 3)

A dimensão Produtos e Serviços obteve média 3, caracterizando a organização em processo de transição. Isso demonstra que a empresa já incorpora valores digitais, análise de dados e orientação a serviços, alinhando-se ao movimento de servitização discutido por Zhang et al. (2017). No setor farmacêutico, essa maturidade traduz-se em estratégias como personalização de tratamentos, uso de big data para desenvolvimento de fármacos e canais digitais de relacionamento com clientes.

4.2 MANUFATURA E OPERAÇÕES (MÉDIA 2)

Com média 2, a dimensão Manufatura e Operações revela um estágio tecnológico inicial, caracterizado por automação pontual e baixa integração M2M. Esse resultado sugere que, embora a empresa tenha avançado em sistemas de produção automatizados, ainda não consolidou práticas como modelagem digital, coleta massiva de dados fabris e soluções em nuvem (Lee; Bagheri; Kao, 2015). Tal lacuna é coerente com os achados de Santos et al. (2020), que identificaram dificuldades semelhantes em outras empresas brasileiras.

4.3 ESTRATÉGIA E ORGANIZAÇÃO (MÉDIA 2)

A dimensão Estratégia e Organização apresentou média 2, revelando fragilidade no alinhamento estratégico da Indústria 4.0. Elementos como apoio da liderança, colaboração entre departamentos e medição de resultados ainda se encontram em estágio incipiente. Sommer (2015) destaca que a falta de integração da digitalização ao planejamento estratégico compromete a eficácia das iniciativas tecnológicas, o que parece ocorrer no caso analisado.

4.4 CADEIA DE SUPRIMENTOS (MÉDIA 3)

Com média 3, a Cadeia de Suprimentos posiciona-se em estágio de transição, refletindo avanços em integração de informações, visibilidade e agilidade. O setor farmacêutico, por lidar com prazos críticos e regulação rigorosa, exige cadeias altamente responsivas. O resultado, portanto, indica que a empresa já adota práticas condizentes com os princípios da Logística 4.0 (Geissbauer; Vedso; Schrauf, 2016), mas ainda há espaço para melhorias em monitoramento em tempo real e redução de lead times.

4.5 MODELO DE NEGÓCIO (MÉDIA 3)

A dimensão Modelo de Negócio, também com média 3, evidencia a incorporação de práticas digitais em processos decisórios e manutenção preditiva, assim como o uso de canais digitais de marketing. Esse resultado demonstra abertura para inovação e diversificação de receitas, em consonância com Schuh et al. (2017), que apontam a reinvenção dos modelos de negócio como pilar central da Indústria 4.0.

4.6 INTEROPERABILIDADE (MÉDIA 3)

Com média 3, a Interoperabilidade mostra que a empresa está em processo de integração de sistemas internos e externos. Adoção de ERP, WMS e outras ferramentas digitais já está em curso, mas ainda há desafios na integração completa com fornecedores e parceiros. Hermann, Pentek e Otto (2016) identificam a interoperabilidade como princípio-chave da Indústria 4.0, sendo este um aspecto crucial para a evolução da maturidade da organização.

4.7 PESSOAS E CULTURA (MÉDIA 2)

A dimensão Pessoas e Cultura obteve média 2, revelando uma das maiores fragilidades da empresa. Apesar de avanços em outras dimensões, o déficit em competências digitais, pensamento crítico e gestão de projetos reflete o cenário nacional, onde a escassez de mão de obra qualificada é um dos principais entraves para a Indústria 4.0 (Rodrigues; Freitas, 2021). Esse resultado reforça a importância de investimentos contínuos em capacitação e mudança cultural.

4.8 Sustentabilidade (Média 3)

Por fim, a Sustentabilidade obteve média 3, sinalizando que a empresa está em fase de transição quanto à integração de práticas sustentáveis em seus processos. Isso inclui avanços em gestão de resíduos, emissões e relatórios de sustentabilidade. Tais resultados dialogam com Machado e Pereira (2021), que destacam a convergência entre digitalização e sustentabilidade como diferencial competitivo na indústria contemporânea.

A seguir, uma síntese dos resultados:

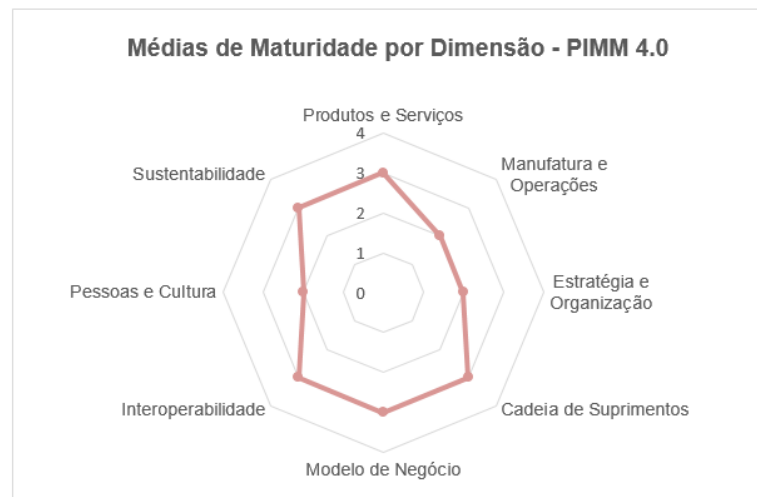


Figura 1 – Médias de maturidade por dimensão – PIMM 4.0

Fonte: elaborado pelo autor (2025)

A representação gráfica por meio de um gráfico radar (Figura 1) evidencia os pontos fortes e fracos da organização. Enquanto Produtos e Serviços, Cadeia de Suprimentos, Modelo de Negócio, Interoperabilidade e Sustentabilidade apresentam maturidade de transição (nível 3), dimensões críticas como Manufatura, Estratégia e Pessoas permanecem em estágio tecnológico inicial (nível 2).

Essa configuração sugere que a empresa está em um momento de inflexão, em que avanços tecnológicos coexistem com barreiras organizacionais e humanas. A literatura aponta que, para alcançar os níveis mais altos de maturidade, a integração entre tecnologia, estratégia e capital humano é indispensável (Mittal et al., 2018; Costa; Amaral, 2021).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados indicaram que a organização se encontra predominantemente nos níveis 2 (Tecnológico) e 3 (Transição), com avanços mais evidentes em dimensões como Produtos e Serviços, Cadeia de Suprimentos, Modelo de Negócio, Interoperabilidade e Sustentabilidade. Contudo, também foram identificadas fragilidades significativas em Manufatura e Operações, Estratégia e Organização, além de Pessoas e Cultura.

A análise revelou um perfil híbrido, característico do cenário brasileiro, no qual investimentos expressivos em tecnologia convivem com lacunas de natureza organizacional e cultural. Tal constatação corrobora as conclusões de Sommer (2015) e Mittal et al. (2018), que ressaltam o alinhamento estratégico e a qualificação do capital humano como fatores críticos para o êxito da Indústria 4.0. Especificamente,

observou-se que, embora o setor farmacêutico tenha avançado em servitização e na digitalização de produtos e serviços (Zhang et al., 2017), ainda enfrenta dificuldades relacionadas à automação plena e ao uso intensivo de dados fabris (Lee; Bagheri; Kao, 2015). Além disso, a estratégia organizacional não incorpora integralmente a lógica digital, o que limita a visibilidade e o retorno dos investimentos em tecnologias 4.0 (Sommer, 2015).

Outro aspecto relevante diz respeito à cadeia de suprimentos e ao modelo de negócio, que despontam como pontos fortes e demonstram alinhamento com tendências internacionais de logística e inovação (Geissbauer; Vedso; Schrauf, 2016; Schuh et al., 2017). Em contrapartida, a dimensão Pessoas e Cultura emerge como a barreira mais crítica, reiterando o déficit de competências digitais e de cultura inovadora já identificado em estudos nacionais (Rodrigues; Freitas, 2021; Oliveira; Nascimento, 2022). A sustentabilidade, por sua vez, encontra-se em estágio de transição, evidenciando que a integração entre práticas ambientais, sociais e digitais começa a se consolidar, em consonância com os apontamentos de Machado e Pereira (2021).

Do ponto de vista teórico, este estudo reforça a importância do PIMM 4.0 como modelo ajustado à realidade brasileira, na medida em que, diferentemente de frameworks internacionais como o Acatech (2017) e o IMPULS (Lichtblau et al., 2015), contempla dimensões sociais, culturais e de sustentabilidade, indispensáveis para compreender as especificidades nacionais. Do ponto de vista prático, os resultados fornecem à empresa um diagnóstico detalhado de suas forças e fragilidades, orientando a necessidade de investimentos em capacitação de pessoas, promoção de mudanças culturais, incorporação da Indústria 4.0 ao planejamento estratégico e ampliação do uso de dados fabris e da integração digital em processos de manufatura.

Essas recomendações dialogam com os achados de Fernandes e Almeida (2021), Santos et al. (2020) e Costa e Amaral (2021), que também destacam a centralidade dessas dimensões na evolução da maturidade digital em organizações brasileiras. Em síntese, constatou-se que a empresa farmacêutica analisada encontra-se em estágio intermediário de maturidade, no qual os avanços tecnológicos coexistem com barreiras organizacionais e culturais. A superação desses desafios constitui o próximo passo para que a organização alcance níveis mais elevados de

maturidade, ampliando sua competitividade e contribuindo para a inserção do Brasil nas cadeias globais da Indústria 4.0.

REFERÊNCIAS

ACATECH. **Industrie 4.0 Maturity Index**. Acatech Study. München: Herbert Utz Verlag, 2017.

AZEVEDO, R.; SANTIAGO, S. PIMM 4.0: Proposta de um modelo de prontidão e maturidade para Indústria 4.0 no Brasil. **Revista Produção**, v. 29, n. 2, p. 1-15, 2019.

CNI – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Indústria 4.0: Desafios e oportunidades para o Brasil**. Brasília: CNI, 2016.

COSTA, F.; AMARAL, D. Desafios da Indústria 4.0 no setor farmacêutico: análise da maturidade tecnológica. **Revista Gestão & Tecnologia**, v. 21, n. 4, p. 45-63, 2021.

COSTA, R.; SOUZA, M. Barreiras estruturais à Indústria 4.0 no Brasil: um estudo exploratório. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 20, n. 1, p. 89-112, 2021.

FERNANDES, L.; ALMEIDA, P. Aplicação do modelo PIMM 4.0 na indústria automotiva: evidências empíricas. **Revista de Engenharia e Gestão Industrial**, v. 13, n. 2, p. 77-92, 2021.

FONTENELLES, M. J. et al. Pesquisa quantitativa e qualitativa: conceitos complementares. **Revista Educação em Saúde**, v. 6, n. 1, p. 1-6, 2009.

GEISSBAUER, R.; VEDSO, J.; SCHRAUF, S. **Industry 4.0: Building the digital enterprise**. PwC Report, 2016.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. **Design principles for Industrie 4.0 scenarios**. In: Proceedings of the 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), p. 3928–3937, 2016.

ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 22468:2020 – **Automation systems and integration — Evaluation of energy efficiency and other factors**. Geneva: ISO, 2020.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. **Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0**. Final Report of the Industrie 4.0 Working Group. Frankfurt: acatech, 2013.

LEE, J.; BAGHERI, B.; KAO, H. A. A cyber-physical systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. **Manufacturing Letters**, v. 3, p. 18-23, 2015.

LICHTBLAU, K. et al. **IMPULS – Industrie 4.0 Readiness**. Cologne: IW Consult/VDMA, 2015.

- LIAO, Y. et al. Past, present and future of Industry 4.0: a systematic review and research agenda. **International Journal of Production Research**, v. 55, n. 12, p. 3609–3629, 2017.
- MACHADO, C.; PEREIRA, V. Sustentabilidade e Indústria 4.0: convergências e desafios. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 25, n. 3, p. 122-139, 2021.
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2003.
- MITTAL, S. et al. A critical review of smart manufacturing & Industry 4.0 maturity models: Implications for small and medium-sized enterprises (SMEs). **Journal of Manufacturing Systems**, v. 49, p. 194-214, 2018.
- OLIVEIRA, T.; NASCIMENTO, A. Barreiras e oportunidades da Indústria 4.0 no Brasil. **Revista Produção Online**, v. 22, n. 1, p. 65-84, 2022.
- RODRIGUES, F.; FREITAS, R. Lacunas de competências digitais na Indústria 4.0: o desafio brasileiro. **Revista Gestão & Produção**, v. 28, n. 5, p. 1-20, 2021.
- SANTOS, J. et al. Diagnóstico de maturidade da Indústria 4.0 no setor eletroeletrônico: aplicação do PIMM 4.0. **Revista Produção Online**, v. 20, n. 3, p. 911-934, 2020.
- SCHUH, G. et al. Industrie 4.0 maturity index: Managing the digital transformation of companies. **Acatech Study**. München: Herbert Utz Verlag, 2017.
- SCHUMACHER, A.; EROL, S.; SIHN, W. A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises. **Procedia CIRP**, v. 52, p. 161-166, 2016.
- SOMMER, L. Industrial revolution—Industry 4.0: Are German manufacturing SMEs the first victims of this revolution? **Journal of Industrial Engineering and Management**, v. 8, n. 5, p. 1512–1532, 2015.
- STAKE, R. **The art of case study research**. Thousand Oaks: Sage, 1995.
- TORRES, P.; GONÇALVES, H. Infraestrutura e Indústria 4.0 no Brasil: entraves e perspectivas. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 19, n. 2, p. 33-58, 2020.
- WANG, S. et al. Implementing smart factory of Industrie 4.0: An outlook. **International Journal of Distributed Sensor Networks**, v. 2016, p. 1-10, 2016.
- YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.
- ZHANG, Y. et al. Business model innovation: An integrated approach based on service-oriented logic. **International Journal of Production Research**, v. 55, n. 23, p. 6893-6910, 2017.

ZHOU, K.; LIU, T.; ZHOU, L. **Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges.** In: 2015 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD), p. 2147–2152, 2015.