



**UFAM**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – PPGE  
MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



CADEIA DE SUPRIMENTOS INTELIGENTE: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA  
DO SUBSETOR DE CONCENTRADOS PARA BEBIDAS NÃO ALCÓOLICAS DO POLO  
INDUSTRIAL DE MANAUS - PIM

MIRIAM MARISTELA REIS MORAES

MANAUS  
2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – PPGE  
MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

MIRIAM MARISTELA REIS MORAES

CADEIA DE SUPRIMENTOS INTELIGENTE: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA  
DO SUBSETOR DE CONCENTRADOS PARA BEBIDAS NÃO ALCOÓLICAS DO POLO  
INDUSTRIAL DE MANAUS - PIM

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas, como parte do requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, na área de Tecnologias Emergentes – Indústria 4.0.

Orientador: Armando Araújo de Souza Júnior, Dr.

MANAUS  
2023

## Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

M827c Moraes, Miriam Maristela Reis  
Cadeia de suprimentos inteligente: estudo de caso em uma empresa do subsetor de concentrados para bebidas não alcoólicas do Polo Industrial de Manaus - PIM / Miriam Maristela Reis Moraes . 2023  
78 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Armando Araújo de Souza Júnior  
Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Indústria 4.0. 2. Cadeia de suprimentos inteligente. 3. Modelo de maturidade. 4. Logística 4.0. I. Souza Júnior, Armando Araújo de. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

MIRIAM MARISTELA REIS MORAES

CADEIA DE SUPRIMENTOS INTELIGENTE: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA  
DO SUBSETOR DE CONCENTRADOS PARA BEBIDAS NÃO ALCOÓLICAS DO POLO  
INDUSTRIAL DE MANAUS - PIM

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas, como parte do requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, na área de Tecnologias Emergentes – Indústria 4.0.

Aprovada em 10 de Maio de 2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Armando Araújo de Souza Júnior, Presidente.

Universidade Federal do Amazonas – UFAM

Prof. Dr. Raimundo Kennedy Vieira, Membro

Universidade Federal do Amazonas – UFAM

Prof. Dr. Manoel Carlos de Oliveira Júnior, Membro

Universidade Federal do Amazonas – UFAM

“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”.

Albert Einstein

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo zelo que Ele tem por mim, por ter possibilitado que eu passasse por essa experiência acompanhada de pessoas maravilhosas, com quem pude compartilhar momentos desafiadores durante o trajeto deste mestrado.

Ao meu marido Lucas Nonato Cardoso, por me apoiar diariamente, pois, com a ajuda dele, busco cada dia ser uma pessoa melhor. Agradeço à toda minha família, em especial à minha avó materna, Áurea Neves dos Reis (*in memoriam*), que sempre foi exemplo de garra e coragem para enfrentar todos os desafios da vida, à minha mãe, Mari-Stella Reis Moraes, pelo amor que ela me proporciona e pelas infinitas orações que fez e faz por mim, à minha irmã Márcia Maristela Reis Moraes, que me deu a maior força nos momentos mais críticos do desenvolvimento desta dissertação.

À minha amiga melhor amiga, Helen Cristina V. Rocha Maia, por me ouvir, por torcer por mim e por se alegrar com minhas conquistas. Agradeço ao meu professor orientador, Armando Araújo, por, além de me orientar no trabalho da dissertação, ser meu amigo, sempre compreensivo com as minhas diversas questões pessoais e de saúde, por confiar na minha capacidade de conclusão, pela disponibilidade imediata em tratar das correções e realizar reuniões e por ter compartilhado seus conhecimentos, experiência e amor pela profissão.

Aos demais professores do Mestrado em Engenharia da Produção, em especial ao Prof. Raimundo Kennedy, por se colocar sempre à disposição para ajudar a turma no que precisasse. Agradeço aos meus colegas de aula e de trabalho na Suframa, em especial ao colega Alcemir Carvalho, que me encorajou, sobretudo, a concluir o curso. Agradeço à UFAM pela oportunidade de estar conquistando esta titulação, pelo apoio dos gestores, em especial ao Coordenador do PPGEP Prof. Marcelo Oliveira, pelo incentivo e confiança.

À minha terapeuta Maria de Fátima Pereira, por me ajudar imensamente a administrar e lidar com a ansiedade que me acometeu, devido a um tratamento de saúde que passei, durante o curso de mestrado.

Aos que eu não citei, mas que direta e indiretamente me ajudaram e me motivaram a conquistar esta titulação que eu tanto almejei para minha vida acadêmica. Desejo a todos a realização de um sonho, pois é uma das sensações mais gratificantes que existe.

## RESUMO

Este trabalho teve por objetivo principal analisar o nível de maturidade da cadeia de suprimentos de uma empresa do subsetor de concentrados para bebidas não alcoólicas do PIM, no contexto da Indústria 4.0. Para tanto, foi realizado um estudo de caso. A estratégia utilizada foi a pesquisa quantitativa-qualitativa e descritiva. Num primeiro momento, foram identificados alguns modelos de maturidade, onde foram encontrados modelos específicos para a cadeia de suprimentos inteligente, sendo escolhido o Modelo de Maturidade para Logística 4.0, baseado em 07 dimensões proposto por Facchini (2020). O modelo selecionado tem foco na avaliação da gestão e fluxo de material e informação. Complementarmente, foram realizadas entrevistas com roteiro estruturado junto aos gestores da empresa, visando consubstanciar as informações coletadas com o modelo de maturidade aplicado. O conteúdo das entrevistas foi tratado por meio da análise do conteúdo. O resultado obtido com a escala do modelo apresentou o nível de maturidade “Gerenciando” para as dimensões Funcionários, Sistemas de TI, Produtos Inteligentes e Tecnologias; e nível de maturidade “Adotando” para as dimensões, Conhecimento, Estratégia e Liderança e Armazéns Inteligentes. O conteúdo das entrevistas permitiu apurar a existência de um forte empenho na digitalização dos processos da empresa em direção à Cadeia de Suprimentos Inteligente, com ações em desenvolvimento e investimentos em curso. Foi possível evidenciar, ainda, que algumas operações foram aperfeiçoadas por meio de sistemas utilizados em conexão com a tecnologia habilitadora de Computação em Nuvem. Porém, ainda existem potencialidades a serem exploradas na implementação das tecnologias da Indústria 4.0, na busca em alcançar inteligência na Gestão da Cadeia de Suprimentos.

Palavras-chave: Indústria 4.0; Cadeia de Suprimentos Inteligente; Modelo de Maturidade.

## **ABSTRACT**

The main objective of this work was to analyze the level of maturity of the supply chain of a company in the subsector of concentrates for non-alcoholic beverages of PIM, in the context of Industry 4.0. For that, a case study was carried out. The strategy used was quantitative-qualitative and descriptive research. At first, some maturity models were identified, where specific models for the intelligent supply chain were found. Being chosen the Maturity Model for Logistics 4.0, based on 07 dimensions proposed by Facchini (2020). The selected model focuses on evaluating the management and flow of material and information. Complementarily, interviews were carried out with a structured script with the company's managers, aiming to substantiate the information collected with the applied maturity model. The content of the interviews was treated through content analysis. The result obtained with the scale of the model presented the maturity level "Managing" for the dimensions Employees, IT Systems, Intelligent Products and Technologies; and "Adopting" maturity level for the dimensions, Knowledge, Strategy and Leadership and Intelligent Warehouses. The content of the interviews made it possible to ascertain the existence of a strong commitment to the digitization of the company's processes towards the Intelligent Supply Chain, with actions under development and ongoing investments. It was also possible to show that some operations were improved through systems used in connection with the enabling technology of Cloud Computing. However, there are still potentialities to be explored in the implementation of Industry 4.0 technologies, in the quest to achieve intelligence in Supply Chain Management.

**Keywords:** Industry 4.0; Smart Supply Chain; Maturity Model.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> – Revoluções Industriais .....	22
<b>Figura 2</b> – Modelo Cadeia de Suprimentos - Marketing (SCM-M) .....	31
<b>Figura 3</b> – Visão geral do modelo DPMM 4.0 .....	31
<b>Figura 4</b> – Modelo de Coleta de Lixo utilizando a computação em nuvem.....	33
<b>Figura 5</b> – Modelo Aquisições 4.0 – Pesquisa Online.....	34
<b>Figura 6</b> – Modelo Integração da Impressão 3D e Indústria 4.0 no Ensino de Engenharia ....	35
<b>Figura 7</b> – Estrutura do acelerador dinâmico indústria 4.0 e cadeia de suprimentos .....	36
<b>Figura 8</b> – Proposta para operacionalização da Indústria 4.0 no processo de produção .....	37
<b>Figura 9</b> – Estrutura para integração e desempenho da cadeia de suprimentos para IoT.....	38
<b>Figura 10</b> – Modelo de controle inteligente baseado em CPS para manuseio de materiais ....	39
<b>Figura 11</b> – CPS de rastreabilidade de alimentos baseado em fluxo de valor inteligente .....	40
<b>Figura 12</b> – Modelo da estrutura de análise de risco na cadeia de suprimento digital .....	40
<b>Figura 13</b> – Avaliação da Gestão da Cadeia de Suprimentos Sustentável para a I4.0 .....	41
<b>Figura 14</b> – Modelo Híbrido de Cadeia de Suprimentos em Nuvem .....	42
<b>Figura 15</b> – Estrutura de transformação CPS, incluindo exemplos de tecnologia .....	42
<b>Figura 16</b> – Modelo de maturidade para Logística 4.0.....	43
<b>Figura 17</b> – Esquema do Modelo de maturidade para Logística 4.0 .....	47
<b>Figura 18</b> – Esquema de Operacionalização da Pesquisa.....	51
<b>Figura 19</b> – Integração de Sistemas para SCM .....	54
<b>Figura 20</b> – Oportunidades identificadas na área de Warehouse .....	61
<b>Figura 21</b> – Estado Futuro de Arquitetura – Namespace Unificada.....	67

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> – Benefícios da Cadeia de Suprimentos Inteligente.....	26
<b>Quadro 2</b> – Modelos de Análise de Maturidade para a Indústria 4.0.....	27
<b>Quadro 3</b> – Modelos de Análise de Maturidade para a SCM Inteligente .....	28
<b>Quadro 4</b> – Macrodimensões, dimensões e itens/questões do modelo de maturidade.....	48
<b>Quadro 5</b> – Dimensões e peso dos itens do questionário do modelo de maturidade .....	49
<b>Quadro 6</b> – Dimensões, questões do modelo, pesos e pontuação .....	54
<b>Quadro 7</b> – Dimensões, ações em desenvolvimento e investimentos em curso em I4.0 .....	69

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Dimensões, Média Ponderada e Nível de Maturidade.....	55
---	----

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> – Nível de Maturidade das Dimensões do Modelo .....	55
--	----

## LISTA DE SIGLAS

AR	Augmented Reality
BI	Business Intelligence
CPS	Cyber-Physical System
CSCMP	Council Of Supply Chain Management Professional
ERP	Enterprise Resource Planning
I4.0	Indústria 4.0
IoS	Internet of Services
IoT	Internet of Things
ISO	International Organization for Standardization
M2M	Machine to Machine
MES	Manufacturing Execution Systems
PIM	Polo Industrial de Manaus
PPB	Processo Produtivo Básico
RFID	Radio Frequency Identification
SCM	Supply Chain Management
SUFRAMA	Superintendência da Zona Franca de Manaus
TI	Tecnologia da Informação
UFAM	Universidade Federal do Amazonas
ZFM	Zona Franca de Manaus

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO .....	14
1.2	SITUAÇÃO PROBLEMÁTICA .....	15
1.3	OBJETIVOS .....	16
1.3.1	Objetivo Geral .....	17
1.3.2	Objetivos Específicos .....	17
1.4	JUSTIFICATIVA .....	17
1.5	DELIMITAÇÃO DO ESTUDO .....	18
1.6	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	18
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>20</b>
2.1	INDÚSTRIA 4.0.....	20
2.1.1	Princípios da Indústria 4.0 .....	22
2.1.2	Tecnologias da Indústria 4.0.....	23
2.2	CADEIA DE SUPRIMENTOS INTELIGENTE .....	25
2.3	MODELOS DE MATURIDADE.....	27
2.3.1	MODELOS DE MATURIDADE PARA A INDÚSTRIA 4.0.....	27
2.3.2	MODELOS DE MATURIDADE PARA A SCM INTELIGENTE.....	28
<b>3</b>	<b>PERCURSO METODOLÓGICO.....</b>	<b>44</b>
3.1	NATUREZA DA PESQUISA .....	44
3.2	OBJETIVOS DA PESQUISA .....	44
3.3	ABORDAGEM DA PESQUISA.....	45
3.4	MODELO DE MATURIDADE .....	46
3.5	PROCEDIMENTOS DA PESQUISA .....	47
3.6	MÉTODO DE COLETA DE DADOS .....	47
3.7	ANÁLISE DE DADOS .....	50
3.8	ESQUEMA DE OPERACIONALIZAÇÃO DA PESQUISA .....	51
<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>52</b>
4.1	APRESENTAÇÃO DA EMPRESA.....	52
4.2	CARACTERIZAÇÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS.....	53
4.3	NÍVEL DE MATURIDADE DA CADEIA DE SUPRIMENTOS .....	54
4.4	ANÁLISES E DISCUSSÕES.....	55
4.4.1	Dimensão Conhecimento.....	56

4.4.2	Dimensão Armazéns Inteligentes .....	57
4.4.3	Dimensão Estratégia e Liderança (S&L) .....	59
4.4.4	Dimensão Funcionário .....	61
4.4.5	Dimensão Sistema de TI .....	62
4.4.6	Dimensão Produtos Inteligentes .....	64
4.4.7	Dimensão Tecnologias .....	66
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>70</b>
<b>6</b>	<b>CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO .....</b>	<b>72</b>
6.1	CONTRIBUIÇÕES ACADÊMICAS .....	72
6.2	CONTRIBUIÇÕES ECONÔMICAS .....	72
6.3	CONTRIBUIÇÕES SOCIAIS .....	72
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>73</b>
	<b>APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO .....</b>	<b>0</b>
	<b>APÊNDICE B – ROTEIRO ESTRUTURADO PARA ENTREVISTAS .....</b>	<b>0</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Hodiernamente, as indústrias experimentam o processo de transformação digital com o advento da quarta revolução industrial, apoiado pela implementação de múltiplas tecnologias inovadoras, como simulação, realidade aumentada, manufatura aditiva, robótica avançada, computação em nuvem, entre outras (FRANK; DALENOGARE; AYALA, 2019). Ainda que a Indústria 4.0 tenha iniciado como uma política industrial, as novas tecnologias da Indústria 4.0 podem ser implementadas de forma prática com base em modelos de maturidade para criar diferentes soluções às necessidades das empresas (SCHWAB, 2016; FRANK *et al.*, 2019).

Desse modo, a Indústria 4.0 é considerada como um novo estágio de maturidade das empresas em que a combinação de tecnologias avançadas permite a criação de sistemas ciberfísicos, proporcionando interconexão da empresa e maior integração dos processos (BENITEZ; AYALA; FRANK, 2020).

A utilização de tecnologias relacionadas à Indústria 4.0 possibilita atender diferentes objetivos almejados pela empresa, como, por exemplo: aumento da produtividade e da qualidade; ampliação da flexibilidade operacional; contribuição para a segurança dos trabalhadores e sustentabilidade operacional; ou ainda a integração do sistema de produção com os clientes e com a cadeia de suprimentos (SCHUH *et al.*, 2020; DALENOGARE *et al.*, 2018).

A tradicional cadeia de suprimentos, resumida a planejamento e gerenciamento de atividades de aquisição, compras e logística, está incorporando cada vez mais objetos com uso de sensores, investindo na informatização da comunicação e empregando recursos em automação, com foco na redução de custos e no aumento da melhoria da eficiência. Assim, o conceito tradicional da Cadeia de Suprimentos está se transformando em um padrão multimodal compartilhado, em que há integração vertical, horizontal e de ponta a ponta. Ao mesmo tempo, os elos da cadeia de abastecimento, como depósitos, ativos físicos e recursos humanos de diversas partes interessadas podem fazer parte da “nova” cadeia de suprimentos inteligente (WU *et al.*, 2016; CORREIA; TEIXEIRA; MARQUES, 2021).

A Cadeia de Suprimentos Inteligente pode fazer uso das tecnologias avançadas da Indústria 4.0 para melhoraria dos fluxos de informações e dados da cadeia de suprimentos. Há intensa conectividade e o armazenamento em massa de dados compartilhados em tempo real entre as diferentes partes integrantes da cadeia de abastecimento. Tais mudanças tecnológicas ajudam a aprimorar a visibilidade da cadeia de suprimentos, possibilitando uma gestão ampla



de riscos de atraso e interrupção por meio do mapeamento ponta a ponta da cadeia de suprimentos (IVANOV; DOLGUI; SOKOLOV, 2018; FRANK; DALENOGARE; AYALA, 2019; FREDERICO *et al.*, 2019).

Na literatura, diversos modelos foram propostos para medir a evolução da maturidade da Indústria 4.0, com aplicação e diagnóstico e com orientação quanto à ocorrência da implementação das tecnologias. Porquanto, para a transformação de uma empresa tradicional em uma empresa inteligente, é fundamental que as tecnologias estejam implementadas em algum nível de indústria 4.0 (SCHUH *et al.*, 2020).

Consequentemente, a utilização de tecnologias da Indústria 4.0 por uma empresa inteligente ocorre dentro e além de suas fronteiras. Por conseguinte, considerando os fluxos de valor que integram os processos da empresa com o ambiente externo, passa a existir do mesmo modo a necessidade de análise, com aplicação de modelo e diagnóstico, para mensuração do nível de maturidade da cadeia de suprimentos inteligente (FRANK; DALENOGARE; AYALA, 2019).

## 1.2 SITUAÇÃO PROBLEMÁTICA

É evidente que as indústrias que buscam se manter competitivas no mercado têm a necessidade de expandir a capacidade de inovação tecnológica da empresa no contexto da Indústria 4.0 para melhorar o atendimento das expectativas dos clientes e conseguir aumentar a fidelidade (FRANK; DALENOGARE; AYALA, 2019; BENITEZ; AYALA; FRANK, 2020).

A aplicação de tecnologias, como análise de big data e computação em nuvem, ajuda na garantia, ao longo da cadeia de abastecimento, de produtos certos, no momento, local, quantidade e condição certos e, principalmente, ao preço certo (IVANOV; DOLGUI; SOKOLOV, 2018; BENITEZ; AYALA; FRANK, 2020).

A dimensão da Cadeia de Suprimentos Inteligente abrange, também, o manuseio na entrada da linha de produção dos insumos e matérias-primas e no chão de fábrica dos produtos manufaturados, sendo que o uso de tecnologias, como a robótica avançada, pode melhorar esse manuseio dentro da cadeia inteligente (FRANK; DALENOGARE; AYALA, 2019). Ademais, a digitalização dos processos operacionais da cadeia de suprimentos permite, em tempo real, o acesso aos dados dos sistemas de rastreamento, de modo a facilitar a logística de transporte de materiais e produtos e ajudar a tomada de decisão para controle de estoque (IVANOV; DOLGUI; SOKOLOV, 2018; FRANK; DALENOGARE; AYALA, 2019).

Na literatura, autores ressaltam a importância de analisar a maturidade do processo de suprimentos desenvolvido pelas empresas na operação da cadeia de suprimentos inteligente. Nesse sentido, considera-se que os modelos de análise de maturidade são essenciais, porquanto são desenvolvidos como ferramentas que visam à identificação da maturidade, fundamentalmente por meio da verificação de qual nível está posicionada uma empresa ou processo e por meio da comparação com um nível desejado (SCHUMACHER; EROL; SIHN, 2016; ARDITO *et al.*, 2018; IVANOV; DOLGUI; SOKOLOV, 2018; FRANK; DALENOGARE; AYALA, 2019).

Nesse aspecto, o modelo de maturidade da Cadeia de Suprimentos provê uma visão total das dimensões, que devem ser levadas em consideração, a fim de alcançar uma implementação e gestão de sucesso. A análise da maturidade da Cadeia de Suprimentos oferece a visão clara dos níveis de progressão, apoiado pelos construtos desenvolvidos, que orientam os integrantes da cadeia na busca do objetivo de alcançar inteligência em *Supply Chain* (FREDERICO *et al.*, 2019).

Os autores salientam, ainda, que os modelos de maturidade, além de serem usados como instrumentos para analisar e medir o nível da maturidade da cadeia de suprimentos, são facilitadores para elevação do envolvimento das partes interessadas da cadeia com os conceitos e tecnologias da Indústria 4.0, provocando o aumento do interesse, gerando a familiarização e incentivando a adoção dessas novas tecnologias à Cadeia de Suprimentos.

A Zona Franca de Manaus abriga um dos principais parques industriais do País. Responsável por um dos maiores Produto Interno Bruto da indústria brasileira, o Polo Industrial de Manaus (PIM) fabrica produtos que fazem parte do dia a dia de todos os brasileiros, tais como televisores, motocicletas, smartphones, condicionadores de ar, notebooks, canetas esferográficas e barbeadores. Cerca de 95% da produção do PIM é destinada a abastecer o mercado nacional. Por ter etapas de industrialização regulamentadas por Processos Produtivos Básicos (PPB), o Polo conta com cadeia produtiva adensada e é responsável pela fabricação de produtos com alto valor agregado (SUFRAMA, 2021).

Diante do exposto, a questão problemática deste trabalho ficou definida como: **Qual o nível de maturidade da cadeia de suprimentos de uma empresa do subsetor de concentrados para bebidas não alcoólicas do PIM?**

### 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo Geral

Analisar o nível de maturidade da cadeia de suprimentos de uma empresa do subsetor de concentrados para bebidas não alcoólicas do PIM.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

- a) Verificar quais elementos da cadeia de suprimentos inteligente estão implantados nessa empresa;
- b) Constatar se ocorreu, de fato, a implementação de tecnologia da indústria 4.0 na cadeia;
- c) Identificar as dificuldades para implementação das tecnologias da indústria 4.0 na cadeia.

## 1.4 JUSTIFICATIVA

As práticas de gerenciamento pertinentes à cadeia de suprimentos estão em constante ampliação, sendo algumas básicas, tais como a análise “terceirizar ou produzir”, “análise de risco”, “integração de sistemas”, “gestão de estoques”, “otimização de redes”, “automatização de processos”, entre outras (FATORACHIAN; KAZEMI, 2020).

A integração das tecnologias emergentes aos sistemas atuais é excepcional devido à sua inteligência, aplicações autônomas e abrangentes. Medir, por exemplo, a capacidade organizacional de Internet das Coisas (IoT) e a integração do processo da cadeia de abastecimento resultam, na prática, em informações que auxiliam os gerentes na tomada de decisão a respeito de possível investimento em IoT, contribuindo para elevar o desempenho da cadeia de suprimentos, assim como a performance da empresa (VASS *et al.*, 2018; MANAVALAN; JAYAKRISHNA, 2019).

Os modelos de maturidade apresentam padrões característicos na análise do desenvolvimento de recursos e são estabelecidos com base na hipótese de que a evolução da empresa segue um padrão de crescimento em estágios gradativos, sendo que cada estágio representa um determinado nível de maturidade e os estágios consecutivos são superiores aos antecedentes, com o nível mais elevado significando excelência. Os modelos de maturidade são os instrumentos adequados para mensuração e identificação de recursos da cadeia de suprimentos (ASDECKER; FELCH, 2018; BAGNI; MARÇOLA, 2019).

A avaliação de estágios de maturidade pode ser aplicada a campos específicos, como na verificação da maturidade logística, quanto ao nível de digitalização de processos e operações, que podem ser considerados como dimensões do modelo. Conhecer o estágio de maturidade do concernedo campo de aplicação é primordial para identificar potencialidades de melhoria e estimular a melhoria contínua. A aplicação do modelo de maturidade fornece orientação para a digitalização e aumenta a excelência da cadeia de suprimentos (ASDECKER; FELCH, 2018).

Nesse contexto, o aprimoramento de soluções conexas a essas práticas é um aspecto importante, especialmente quanto à implementação de tecnologias relacionadas à Indústria 4.0, visando aumentar a produtividade, qualidade e a flexibilidade operacional da empresa, sendo a aplicação do modelo de maturidade um modo de analisar e medir a cadeia para orientar ações de desenvolvimento de soluções tecnológicas na cadeia de suprimentos de maneira evolutiva (MITTAL *et al.*, 2018).

Considerando este aspecto, o desenvolvimento desta pesquisa se justifica pela necessidade de se aplicar modelos de maturidade para, por meio da medição de níveis, propiciar a mensuração e diagnóstico nas atividades de suprimento de uma empresa e impulsionar a implementação de tecnologias que majoram soluções para os problemas relacionados à cadeia de suprimentos (XU; XU; LI, 2018).

## 1.5 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

A delimitação deste trabalho de pesquisa se deu em empresa do subsetor de concentrados para bebidas não alcoólicas, instalada no Polo Industrial de Manaus – PIM, localizado na Zona Franca de Manaus – ZFM.

## 1.6 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O presente trabalho foi estruturado em 6 capítulos. Na seção inicial, a introdução exhibe as exposições precedentes da pesquisa com a contextualização do tema, seguida da situação problemática, dos objetivos pretendidos, da justificativa e da delimitação do estudo.

A segunda sessão apresenta o estado da arte no qual são abordados as revoluções industriais anteriores até chegar a 4ª Revolução Industrial ou Indústria 4.0, os princípios para implantação e desenvolvimento da Indústria 4.0, as tecnologias emergentes mais relevantes à implementação e funcionamento da Indústria 4.0, a própria Cadeia de Suprimentos Inteligente, os modelos de análise de maturidade para a indústria, bem como os modelos de análise de

maturidade específicos para a Cadeia de Suprimentos Inteligente, de forma a municiar o embasamento teórico da pesquisa.

Na terceira sessão, são apresentados os procedimentos metodológicos e as ferramentas utilizadas na realização da pesquisa. Nela, são delineados como se deu a configuração de coleta de dados e o tratamento ulterior. A quarta sessão apresenta os resultados obtidos com a pesquisa e a quinta sessão as conclusões. Por fim, na sexta sessão, apresentam-se as contribuições do trabalho.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

A revisão da literatura versa sobre o tema central da implementação das tecnologias emergentes da Indústria 4.0 na cadeia de suprimentos inteligente e seus principais benefícios à cadeia, com o intuito de contribuir para o Polo Industrial e para a Zona Franca de Manaus, especificamente para a indústria do subsetor de concentrados para bebidas não alcoólicas e, conseqüentemente, para a melhoria da cadeia de matéria-prima local.

### 2.1 INDÚSTRIA 4.0

A Quarta Revolução Industrial ou Indústria 4.0 teve seu termo usado pela primeira vez, publicamente, durante a realização da feira de Hannover, no ano de 2011, sendo uma proposta oriunda de um plano estratégico do governo federal da Alemanha, voltado ao desenvolvimento tecnológico da indústria, com o propósito de impulsionar a evolução industrial e, conseqüentemente, garantir competitividade do mercado alemão no mundo (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013).

A Indústria 4.0 está trazendo tecnologias inovadoras que estão transformando as industriais tradicionais e impactando a cadeia de suprimentos. Esse novo modelo de indústria é uma sequência das grandes evoluções tecnológicas ocorridas anteriormente. Por isso, para entender a Quarta Revolução Industrial ou Indústria 4.0, faz-se necessário conhecer um pouco sobre as revoluções industriais anteriores, até chegarmos à indústria que vivemos atualmente.

A primeira Revolução Industrial começou no século XVIII, na Inglaterra, provocada, principalmente, pelo invento da máquina a vapor e da locomotiva, impulsionando a mecanização da produção e a construção de ferrovias, o que acarretou a mobilidade de pessoas da área agrícola para as cidades e no transporte de cargas no final do século. Na época, essa revolução colocou a indústria de tecelagem como exemplo da alta produtividade na fabricação de fios e tecidos, promovendo riqueza e gerando uma nova forma de operação da economia (EFING; TAMIOZZO, 2020; VENTURELLI, 2017).

A segunda Revolução Industrial ocorreu cem anos depois, no século XIX e começo do século XX, com a chegada da energia elétrica e com o surgimento da forma de produção em linha de montagem em série, dando origem à produção massificada. Na prática, a produção em massa originou a produção com postos de trabalho para montagem sequencial, com o objetivo de produzir o máximo possível, diminuindo o custo e tornando o produto economicamente mais

acessível, para que os operários pudessem consumir, criando um período de desenvolvimento na indústria e progresso na economia (SAKURAI; ZUCHI, 2018).

A terceira Revolução Industrial tem início na década de 1960 e foi estimulada pelo desenvolvimento dos semicondutores, da computação e da internet, isto é, aconteceu a chamada revolução digital. Na realidade da indústria, foi quando entramos na era da informatização, com a utilização de computadores no chão-de-fábrica, uso de controladores eletrônicos, sensores e outros recursos tecnológicos capazes de gerenciar uma enorme quantidade de dados de produção, propiciando a tomada de decisões por meio de controle de equipamentos autônomos, causando como resultado a melhoria da qualidade dos produtos, o ganho em produtividade, gerenciamento dos custos e o aumento da segurança na produção. Essa terceira fase de ascensão de atividades de alta tecnologia fomentou o surgimento da quarta evolução industrial (DE OLIVEIRA; SIMÕES, 2017).

Indústria 4.0 significa quarta revolução industrial. Esse processo de industrialização, assim como nas três revoluções anteriores, é dominado por inovações técnicas. Enquanto a mecanização e eletrificação dos processos de fabricação levaram a primeira e segunda revoluções industriais, a terceira revolução se caracterizou por um aumento de informatização e automatização, propiciando a atual revolução industrial (BARTODZIEJ, 2017; SCHWAB, 2016; SILVEIRA, 2017).

Essa quarta revolução é marcada por uma integração técnica de *Cyber-Physical Systems* (CPS) em processos de manufatura e logística, bem como pela utilização da Internet das Coisas (IoT) e de Serviços (IoS) em processos industriais. As novas tecnologias terão diversos impactos na criação de valor, organização do trabalho, serviços *downstream* e modelos de negócios das empresas, produzindo uma mudança completa de paradigma em fabricação (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; BARTODZIEJ, 2017).

Schwab (2016) cita que as mudanças tecnológicas da Indústria 4.0 são tão amplas que significam, sim, uma nova revolução industrial. Ele destaca três razões em especial: a rapidez, pois, diversamente das revoluções precedentes, ela progride em um compasso acelerado e multiforme, em um mundo fortemente interconectado em que tecnologias inovadoras dão origem a outras tecnologias que são ainda mais avançadas; a amplitude e profundidade, já que combina várias inovações em todos os campos do saber, mudando as coisas, como fazemos as coisas e até quem somos; e o impacto sistêmico, ao envolver alterações de sistemas inteiros como conhecíamos até então, entre países e dentro deles, atingindo a economia, os negócios, a política e a sociedade em geral. A Figura 1 apresenta uma síntese das quatro revoluções industriais.

**Figura 1 – Revoluções Industriais**



Fonte: Silveira (2017).

### 2.1.1 Princípios da Indústria 4.0

Para implantação e desenvolvimento da Indústria 4.0, destacam-se seis princípios muito importantes (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2015; SILVEIRA, 2017; SAKURAI; ZUCHI, 2018):

- Interoperabilidade – é a comunicação, através da rede, que todos os CPS têm uns com os outros por meio da Internet e da Internet das Coisas;
- Virtualização – é o rastreamento e monitoramento dos processos físicos, realizado remotamente pelo CPS, permitido por meio de uma cópia virtual do mundo físico, pois os dados coletados pelos sensores estão vinculados a modelos virtuais e de simulação;
- Descentralização – é a tomada de decisões feita pelo próprio CPS, por meio dos computadores incorporados, conforme as necessidades da produção;
- Capacidade de operação em tempo real – é a coleta e análise instantânea de dados, possibilitando que as decisões sejam tomadas em tempo real;
- Orientação de Serviços – é a disponibilidade dos serviços na Internet de Serviços. A empresa é baseada em uma arquitetura orientada a serviços e, por isso, os CPS oferecem suas funcionalidades como um serviço web;
- Modularidade – é a facilidade do sistema de se adaptar com flexibilidade às mudanças na produção, adicionando, substituindo ou expandindo módulos individuais, ao sistema modular já existente.



### 2.1.2 Tecnologias da Indústria 4.0

Na literatura, no que se refere às tecnologias emergentes, as mais relevantes à implementação e funcionamento da Indústria 4.0 podem ser assim explicadas: *Internet of Things* (IoT) – Para Schwab (2016), Internet das Coisas pode ser descrita, de forma simplificada, como a relação entre as pessoas e as coisas (produtos, serviços, lugares etc.), através de diversas plataformas e tecnologias conectadas, sendo a base da IoT os Sistemas Ciberfísicos (CPS) – Kagermann *et al.* (2013) definem o CPS como um conjunto composto por máquinas inteligentes, sistemas de armazenamento e instalações de produção, capazes de trocar informações, desencadear ações e controles autônomos, de forma harmônica, com o funcionamento acontecendo em tempo real.

*Big Data & Analytics* – Constitui-se da captura, análise e gerenciamento de informações para armazenamento dos dados que necessitam ser registrados. A tecnologia de Big Data aplicada à indústria 4.0 é configurada para trabalhar com as informações mais valiosas e significativas, com organização em 4v's: veracidade – diz respeito à confiabilidade e à credibilidade das informações; variedade – acena à variabilidade de tipos de formatos em que os dados são encontrados; velocidade – descreve a rapidez de criação e disposição das informações na internet; volume – refere-se à multiplicidade de fontes e a grande quantidade de dados e informações recebidas pela indústria num determinado intervalo de tempo (ZHONG *et al.*, 2016; DE OLIVEIRA; SIMÕES, 2017).

*Cloud Computing* – A computação em nuvem é caracterizada pela escalabilidade, alta disponibilidade, conexão de rede rápida e, portanto, o fornecimento de funcionalidade usando interfaces definidas. Na prática, é a possibilidade de acessar arquivos e executar diferentes tarefas pela internet, pois os dados não se encontram em um computador específico, mas sim em uma rede, permitindo o compartilhamento de informações e o acesso a diferentes serviços online (BARTODZIEJ, 2017; SAKURAI; ZUCHI, 2018).

Segurança Cibernética – O emprego de novas tecnologias e a disponibilidade de informações na nuvem, quaisquer redes ou dispositivos conectados, tanto sistemas de infraestrutura militares quanto os civis, estão suscetíveis a serem atacados e hackeados. Tal situação traz alerta à necessidade de controle efetivo das transações e interligações de informações e dados cibernéticos da cadeia produtiva, tornando a segurança cibernética uma preocupação e desafio da indústria 4.0 (SCHWAB, 2016; DE OLIVEIRA; SIMÕES, 2017).

Robótica avançada – As tecnologias da Indústria 4.0 e a robotização autônoma das operações possibilitam que os processos produtivos fiquem mais integrados e se comuniquem.

A integração permite que um robô tenha dados e conhecimentos sobre o trabalho realizado por outro equipamento. Por causa do desenvolvimento da tecnologia, os robôs podem agora acessar informações remotas através da nuvem e, assim, se conectar a uma rede composta de outros robôs. O rápido avanço da robótica transformará, em uma realidade do cotidiano, a colaboração entre seres humanos e máquinas (SCHWAB, 2016; SAKURAI; ZUCHI, 2018).

**Integração de Sistemas: Horizontal e Vertical** – É realizado através do gerenciamento integrado dos principais processos de negócio, por meio de sistemas, como o ERP - *Enterprise Resource Planning* e MES - *Manufacturing Execution Systems*, que integram toda a cadeia de valor, promovendo análise de dados do processo produtivo e tomada de decisão em tempo real (VENTURELLI, 2017).

**Impressão 3D** – Também chamada de manufatura ou fabricação aditiva, a impressão em 3D é um processo de impressão que produz objetos físicos ao adicionar material em camadas, isto é, fazendo uma deposição sucessiva, camada sobre camada, a partir de um modelo 3D. O processo de manufatura aditiva é uma ótima escolha para fabricação de componentes e de protótipos, por causa do excelente desempenho da descentralização da produção que diminui a distância de transporte e estoque. Os materiais mais comumente usados para impressão 3D são o plástico e as ligas de metal, porém poderão ser usados outros tipos de material (SOUZA; JUNIOR; NETO, 2017; CHONG *et al.*, 2018).

**Simulação** – é a virtualização por meio do uso de softwares, com a simulação computacional de verificação de processos de fabricação e de desempenho do produto, que são analisados antes de se tornarem realidade (DE OLIVEIRA; SIMÕES, 2017).

**Realidade Aumentada** – A realidade aumentada ou AR- *Augmented Reality* como uma nova interface, uma tecnologia que tem como propósito apoiar a visão do ser humano, propiciando na visualização uma forma direta e imediata de interação, conectando as pessoas com a internet por meio dos olhos, com o envio de dados pela rede em tempo real. Um tipo de tecnologia que possibilita, por meio da visão, o reforço, mediação ou o aumento da realidade (SOUZA; JUNIOR; NETO, 2017).

Mesmo sendo um tópico relativamente recente, uma tecnologia precisaria ser acrescida: **Novos Materiais**, pois, com a chegada ao mercado de modernos materiais, como o grafeno, observa-se que, em geral, os novos materiais são mais leves e fortes, recicláveis e adaptáveis, podendo ser materiais inteligentes com aplicações para auto reparação ou autolimpeza, metais com memória que retomam suas formas originais, cerâmicas e cristais que transformam pressão em energia, plásticos termofixos para reutilização e reciclagem, dentre outros (SCHWAB, 2016; SAKURAI; ZUCHI, 2018).

Além dessas tecnologias, outros dispositivos têm um enorme papel na Indústria 4.0, como o uso da RFID (*Radio Frequency Identification*), que é um sistema de identificação por radiofrequência com monitoramento remoto de rastreabilidade industrial; e a utilização da M2M (*Machine to Machine*), que é a troca de informações na produção, de modo autônomo, por meio da comunicação Máquina para Máquina (SILVEIRA; VENTURELLI, 2017; BIENHAUS; HADDUD, 2018).

Todas essas tecnologias inovadoras são pilares da construção da Indústria 4.0 e estão transformando a produção industrial causando, conseqüentemente, grande impacto na gestão da cadeia de suprimentos (SCM - *Supply Chain Management*).

## 2.2 CADEIA DE SUPRIMENTOS INTELIGENTE

Para a principal associação mundial de profissionais do setor, CSCMP - *Council of Supply Chain Management Professional* (2013), o gerenciamento da cadeia de suprimentos engloba o planejamento e gerenciamento das atividades envolvidas em aquisição e compras, conversão e todas as tarefas de gerenciamento de logística. É importante ressaltar que essa definição também inclui coordenação e colaboração com parceiros de canal, que podem ser fornecedores, intermediários, prestadores de serviços terceirizados e clientes. Em essência, a gestão da cadeia de suprimentos integra a gestão da oferta e da procura dentro e entre as empresas.

As exigências atuais de mercado tornam mandatória à *Supply Chain Management* a previsão antecipada de demandas de materiais e serviços e o suprimento das necessidades que impactam diretamente na operação da empresa. Falta, excesso, desperdício ou atraso no suprimento de algum material devem ser evitados para garantir a qualidade e eficiência do processo de fabricação (TOTVS, 2018; CRAVO, 2019).

O propósito da Cadeia de Suprimentos Inteligente é proporcionar condições para que a empresa consiga operar de maneira rápida, inteligente e eficiente, garantindo o adequado suprimento da cadeia de acordo com as necessidades demandadas. Por exemplo, o uso da tecnologia IoT em uma empresa possibilita, entre outros fatores, visibilidade, compartilhamento de informações e rastreamento automático de materiais e do produto, por meio da etiqueta RFID, ao longo de toda a cadeia (ABDEL-BASSET *et al.*, 2018; TOTVS, 2018; VENTURELLI, 2020).

A melhoria da capacidade de análise, da atuação colaborativa com os demais agentes da cadeia, da quantidade e qualidade das informações, dentre outros, resulta em processos de

fabricação e abastecimento mais integrados e eficientes. A indústria é significativamente e positivamente impactada pelas tecnologias inovadoras da Indústria 4.0, sendo, portanto, muito beneficiada pela Cadeia de Suprimentos Inteligente (BIENHAUS; HADDUD, 2018; TOTVS, 2018; NEOGRID, 2021).

Nesse sentido, existem várias inovações tecnológicas da Indústria 4.0 que já são utilizadas, confirmando a importância da Cadeia de Suprimentos Inteligente para a eficiente gestão e competitividade de uma empresa no mercado. O Quadro 1 apresenta uma síntese dos principais benefícios.

**Quadro 1 – Benefícios da Cadeia de Suprimentos Inteligente**

<b>Benefícios</b>	<b>Síntese</b>
Rastreamento de ponta a ponta	Integração por modernos softwares, sistemas e automação. A informatização dos processos, Inteligência Artificial, IoT e <i>Machine Learning</i> permite maior controle da cadeia de suprimentos. Gestores conseguem, por meio da coleta de dados, antecipar e contornar situações dentro e fora da empresa.
Automatização de processos	Adoção de soluções automatizadas e da redução de processos manuais, burocráticos e lentos. Exemplo: agilidade na comunicação, proporcionando efetividade na tomada de decisão. A implantação de padronização de rotinas dá celeridade aos processos, diminui erros e gera economia, beneficiando toda extensa cadeia de suprimentos moderna.
Acompanhamento da qualidade do produto	Diversas melhorias nos processos e na utilização dos dados, oferecendo mais qualidade na operação, reforço no controle das linhas de produção, remoção dos gargalos e riscos, resultando na entrega final de produtos competitivos. Os dados auxiliam as empresas na avaliação do desempenho das vendas e dos feedbacks dos clientes.
Previsibilidade de manutenção	Sensores, conexão de equipamentos, integração de sistemas como fundamentos para atuação de forma preventiva na manutenção do parque tecnológico da empresa, identificando e corrigindo preventivamente, por exemplo, pequenas falhas de máquinas, possibilitando a previsibilidade das demandas presentes ou futuras do mercado, o alinhamento das necessidades e a manutenibilidade do fluxo de atividades.
Redução de custos	Uso de dados, sistemas e equipamentos voltados à integração das atividades promovem a redução de custos. Os dados coletados são compartilhados entre todos os elos da cadeia, facilitando adequação na produção, impedindo desperdício, sobra ou ruptura nos estoques e imobilização de capital com a produção e abastecimento de itens com baixo giro.
Otimização de espaço	Cooperação para a execução equilibrada das etapas de fabricação, com a produção do produto certo e na quantidade ideal, com atendimento à demanda disparada pelo consumidor no final da cadeia. Abastecimento e distribuição conforme o perfil de consumo, evitando excesso de estoques e a má utilização de espaço nos locais de venda de produto.
Análise de dados aprofundada	Utilização da tecnologia de algoritmos capacita a realização de inúmeras combinações para oferecer informações e dados cada vez mais precisos e decisivos para as estratégias. Melhoria no mix de produtos na definição de categorias e em outros assuntos importantes.
Satisfação e fidelização do cliente	Reação à demanda a partir do uso da tecnologia gerando consumidores satisfeitos, devido ao aumento do sortimento e da disponibilidade dos produtos desejados nos locais de venda. O <i>trade marketing</i> , por exemplo, permite o uso de dados coletados do cliente para melhorar a forma de apresentação de um produto, por ocasião das ações promocionais, e fazer adaptações para estimular o consumo.

Fonte: Elaborado pela autora a partir de Totvs (2018), Cravo (2019) e Neogrid (2021).

A Cadeia de Suprimentos Inteligente pode ser, então, definida como um sistema moderno e interconectado que se expande de operações separadas, regionais e de uma única empresa para operações mais integradas, transparentes, com investimento em tecnologia por meio da incorporação na cadeia de inovações presentes na Indústria 4.0 (ABDEL-BASSET *et al.*, 2018; CRAVO, 2019). Assim, a incorporação na *Supply Chain Management* de tecnologias inovadoras presentes na Indústria 4.0, para facilitar o planejamento, controle e coordenação de processos, dá origem à Cadeia de Suprimentos Inteligente

### 2.3 MODELOS DE MATURIDADE

Para implementação das tecnologias emergentes, a indústria precisa passar pela transformação digital, tendo a digitalização da cadeia de valor como pontapé inicial em direção à Indústria 4.0, sendo necessária a verificação da maturidade industrial para a criação de diretrizes estratégicas de implantação da Digitalização e Indústria 4.0. Porquanto, a Maturidade é uma técnica metodológica que possibilita a quantificação e qualificação da atual situação de uma Tecnologia, Gestão e Conhecimentos (pessoas), de modo a demonstrar a adesão de utilização (SCHUH *et al.*, 2020; VENTURELLI, 2020).

#### 2.3.1 MODELOS DE MATURIDADE PARA A INDÚSTRIA 4.0

Neste aspecto, na literatura, são encontrados vários modelos de análise de maturidade para a indústria, sendo alguns apresentados, resumidamente, conforme Quadro 2.

**Quadro 2 – Modelos de Análise de Maturidade para a Indústria 4.0**

Modelos	Síntese
Toolbox Workforce Management 4.0	Criado para analisar a situação da indústria, de acordo com as condições e as atribuições das competências no trabalho necessárias para a digitalização na I4.0. Contempla os aspectos: Habilidades difíceis, Habilidades Suaves, Usabilidade e Operabilidade, Ambiente de Trabalho. Todavia, não há apresentação do questionário, impossibilitando o uso deste modelo.
Industrie 4.0 Maturity Index	Desenvolvido pela ALCATECH com foco no desenvolvimento da organização por meio de estágios de verificação: Informatização; Conectividade; Visibilidade; Transparência; Capacidade Preditiva e Adaptabilidade. Porém, não há questionário disponível, não permitindo a avaliação da maturidade por este modelo.
Indústria 4.0-MM	Baseado nas dimensões do SPICE, constando como estabelecidas as dimensões: Gerenciamento de Ativos, Governança de Dados, Gerenciamento de Aplicativos, Transformação de Processos e Alinhamento Organizacional. Contudo, não existe delineamento de como pode ser feita a avaliação deste modelo.
M2DDM-Maturity Model for Data-Driven Manufacturing	Composto pelos níveis: Integração de TI inexistente (equipamentos sem integração), Integração de dados e sistemas (MES e ERP); Integração de dados entre ciclos de vida ( <i>data warehouse</i> ), Orientação para Serviço (SOA), Digital Twin (clone digital de ativos físicos), Fábrica Auto Otimizadora ( <i>Big Data, Cloud</i>

	<i>e Machine Learning</i> ). Entretanto, faltam subsídios sobre o desenvolvimento do modelo, especialmente quanto à forma de aplicação.
The IoT Technological Maturity Model	Possui níveis estabelecidos com gradação: Maturidade (ao menos um robô), Maturidade inicial para 4.0 (ao menos uma habilitação I4.0), Conectado (duas a nove habilitações I4.0), Aprimorado (robôs conectados na rede), Inovação (ao menos 10 objetos da IoT), Integrado (Serviços de IoT), Extensivo (Big Data), Maturidade 4.0 (IoT associada ao <i>Business Intelligence</i> ). Todavia, não ocorreu o emprego de questionário, inviabilizando a aplicabilidade do modelo.
SMMI 4.0- System Integration Maturity Model Industry 4.0	Contém as dimensões: Integração vertical e horizontal, Desenvolvimento de produtos digitais e Critérios de tecnologia transversal. Níveis: básico da digitalização (sem abordagem ou atendimento parcial dos requisitos da I4.0); Digitalização entre setores (envolvimento ativo quanto aos requisitos da I4.0); Digitalização horizontal e vertical (implementação dos requisitos da I4.0); Digitalização completa (implementação total da digitalização com os requisitos da I4.0); Digitalização completa otimizada (exemplo de empresa quanto a I4.0). Modelo com aplicação do questionário para identificação de pontos fortes e fracos da empresa e com exibição de equações para cálculos.
Industry 4.0 Maturity Model	Modelo empírico, com as dimensões: “Produtos”, “Clientes”, “Operações”, “Tecnologia”, “Estratégia”, “Liderança”, “Governança”, “Cultura” e “Pessoas”, sendo que é a empresa que envia um questionário de autoavaliação por e-mail, cujas respostas passam pela avaliação de um software, que faz os cálculos e gera um relatório do nível de maturidade da empresa. No entanto, não há detalhamento das dimensões e nem questionário do próprio modelo para ser aplicado.
The Digital Maturity Model 4.0	Dimensões propostas: Cultural, Organização, Tecnologia e Insight. Dimensões avaliadas pelas afirmações: Discordo completamente, Discordo um pouco, Concordo de alguma forma, Concordo completamente. Níveis adotados: Céticos (atraso tecnológico), Adotantes (mais digitalização que os Céticos), Colaboradores (disposição e interesse em inovação), Diferenciados (foco total na digitalização). Porém, não existe informação de onde foi feita a aplicação e não há apresentação dos resultados, impedindo o uso do modelo.
MVMM-Manufacturing Value Modeling Methodology	Desenvolvido em parceria com a Siemens, com base nas etapas: Mapa de Valor (avaliação de iniciativas e impedimentos ao incremento de mercado); Modelo de Maturidade (atual situação da empresa (fortalezas e fraquezas)); Análise de Lacunas e Processos (padronização do processo); Validação (aplicação de soluções); Definição das Áreas de Melhoria (roteiro de intervenção em áreas com oportunidade de melhoria). Entretanto, o modelo não oferece um questionário explanando os requisitos para avaliação.
IMPULS – Industrie 4.0 – Readiness	Dimensões estabelecidas: Estratégia e Organização; Fabricação Inteligente; Operações inteligentes; Produtos inteligentes; Serviços orientados por dados e Funcionários. Níveis: 0: Leigo, 1: Iniciante, 2: Intermediário, 3: Experiente, 4: Expert, 5: Alta Performance. Nos cálculos de avaliação, a menor classificação das seis dimensões foi considerada, com utilização da média ponderada e peso definidos pela empresa sob avaliação, agrupando os cinco níveis nos grupos: iniciante, aprendizes e líderes. O modelo é fundamentado e sua estrutura e resultados são explicados.

Fonte: Elaborado pela autora a partir de Basseto (2019) e Venturelli (2020).

### 2.3.2 MODELOS DE MATURIDADE PARA A SCM INTELIGENTE

Ainda neste sentido, para a Cadeia de Suprimentos Inteligente, são necessários modelos de maturidade específicos. O Quadro 3 apresenta a síntese e abordagem metodológica de alguns dos modelos encontrados na literatura.

**Quadro 3 – Modelos de Análise de Maturidade para a SCM Inteligente**

Artigo/Ano	Autor (es)	Síntese dos Modelos	Método de Abordagem
------------	------------	---------------------	---------------------

Rumo à Indústria 4.0: Mapeamento de tecnologias digitais para integração de marketing e gerenciamento da cadeia de suprimentos/2018	ARDITO, L.; PETRUZZELLI, A. M.; PANNIELLO, U.; GARAVELLI, A. C.	Modelo de distribuição de tecnologias da I4.0 para o gerenciamento de cadeia de suprimentos	Estudo empírico – Análise de patentes no Escritório de Marcas e Patentes dos Estados Unidos
Desenvolvimento de um modelo de maturidade da Indústria 4.0 para o processo de entrega em cadeias de abastecimento/2018	ASDECKER, B.; FELCH, V.	Modelo com foco na maturidade de processos logísticos considerando os aspectos níveis de digitalização de processos e operações	Estudo empírico – Pesquisa online com especialistas e, posteriormente, entrevistas presenciais
Otimização do roteamento de coleta de lixo municipal: Impacto das tecnologias da indústria 4.0 na consciência ambiental e na sustentabilidade/2019	BÁNYAI, T.; TÁMAS, P.; LLLÉS, B.; STANKEVICIUTE, Ž.; BÁNYAI, Á.	Modelo matemático para programação inteligente, que combina operações integradas de coleta e entregas de materiais e alocação de recursos em tempo real	Estudo empírico – Modelagem matemática
Aquisições 4.0: fatores que influenciam a digitalização de aquisições e cadeias de suprimentos/2018	BIENHAUS, F.; HADDUD, A.	Framework de impactos positivos na gestão organizacional de empresas com a aquisição de tecnologias da I4.0	Estudo empírico – Coleta e análise de dados de participantes de empresas e setores distintos
Uma abordagem baseada em fluxo de valor inteligente para colaboração de sistema ciberfísico de rastreabilidade de alimentos por computação de névoa/2017	CHEN, R. Y.	Framework de CPS para rastreabilidade de alimentos na cadeia de suprimentos	Estudo empírico – Estudo de casos em empresas
Integração da impressão 3D e Indústria 4.0 no ensino de engenharia/2018	CHONG, S.; PAN, G. T.; CHIN, J.; SHOW, P. L.; YANG, T. C. K.; HUANG, C. M.	Modelo conceitual de aprendizagem para integrar a Indústria 4.0 ao ensino de engenharia, com foco na utilização da tecnologia de Impressão 3D.	Estudo empírico – Coleta e análise de dados de participantes de cursos de engenharia.
Impacto da Sustentabilidade no desempenho da cadeia de suprimentos 4.0/2018	DOSSOU, P. E	Framework que considera em sua estrutura quatro dimensões, facilitador, acelerador, integrador e coordenador de cadeia de suprimentos e I4.0	Estudo teórico – Revisão de literatura
Uma investigação crítica da Indústria 4.0 na manufatura: quadro teórico de operacionalização. Planejamento e controle da produção/2018	FATORACHIAN, H.; KAZEMI, H.	Framework teórico que apresenta a interação de tecnologias no processo produtivo orientado a I4.0	Estudo teórico – Revisão de literatura
Um modelo de maturidade para logística 4.0: uma análise empírica e um roteiro para pesquisas futuras/2020	FACCHINI, F.; OLEŠKÓW-SZŁAPKA, J.; RANIERI, L.; URBINATI, A.	Modelo de maturidade para a Logística 4.0: para avaliar o nível de maturidade da implementação da	Estudo empírico – Estudo de casos em empresas

		Indústria 4.0 nos processos logísticos	
O impacto da tecnologia digital e da Indústria 4.0 no efeito cascata e na análise de risco da cadeia de suprimentos/2019	IVANOV, D.; DOLGUI, A.; SOKOLOV, B.	Framework de digitalização de cadeias de suprimentos	Estudo teórico – Revisão de literatura
Uma revisão da cadeia de abastecimento sustentável incorporada da Internet das Coisas (IoT) para os requisitos da indústria 4.0/2019	MANAVALAN, E.; JAYAKRISHNA, K.	Framework de análise da sustentabilidade na cadeia de suprimentos da I4.0	Estudo teórico – Revisão de literatura
Projetando uma nuvem híbrida para uma rede de cadeia de suprimentos da Indústria 4.0: um quadro teórico/2019	SUNDARAKANI, B.; KAMRAN, R.; MAHESHWARI, P.; JAIN, V.	Modelo híbrido de cadeia de suprimentos em nuvem que integra recursos tecnológicos, infraestrutura e estágios da cadeia	Estudo teórico – Revisão de literatura
O efeito da “Internet das coisas” na integração e no desempenho da cadeia de suprimentos: uma perspectiva de capacidade organizacional/2018	VASS, T.; SHEE, H.; MIAH, S.	Modelo com foco na melhoria de desempenho da cadeia de suprimentos a partir de recursos da IoT	Estudo empírico – Entrevista com representantes de empresas
Projeto de trabalho na produção industrial futura: Transformando-se em sistemas ciberfísicos/2019	WASCHULL, S.; BOKHORST, J.A.C.; MOLLEMAN, E.; WORTMANN, J.C.	Framework que relaciona três aspectos em sua estrutura, o nível de informação a ser processado, as tecnologias de CPS e o escopo da operação, variando de máquina até cadeia de suprimentos	Estudo teórico – Revisão de literatura
Modelo de controle inteligente baseado em CPS para manuseio de material de chão de fábrica/2017	ZHANG, Y.; ZHU, Z.; LV, J.	Modelo de controle inteligente de veículos para manuseio interno de materiais nas fábricas, baseados em CPS	Estudo empírico – Estudo de casos em empresas

Fonte: Elaborado pela autora a partir de Chen; Zhang, Zhu, Lv (2017); Ardito, Petruzzelli, Panniello, Garavelli, Asdecker, Felch, Bienhaus, Haddud, Chong, Pan, Chin, Show, Yang, Huang, Dossou, Fatorachian, Kazemi, Ivanov, Dolgui, Sokolov, Vass, Shee, Mial (2018); Bányai, Illés, Manavalan, Jayakrishn, Sundarakani, Kamran, Maheshwari, Jain, Waschull, Bokhorst, Molleman, Wortmann (2019); Facchini, Oleśków-Szłapka, Ranieri, Urbinati (2020).

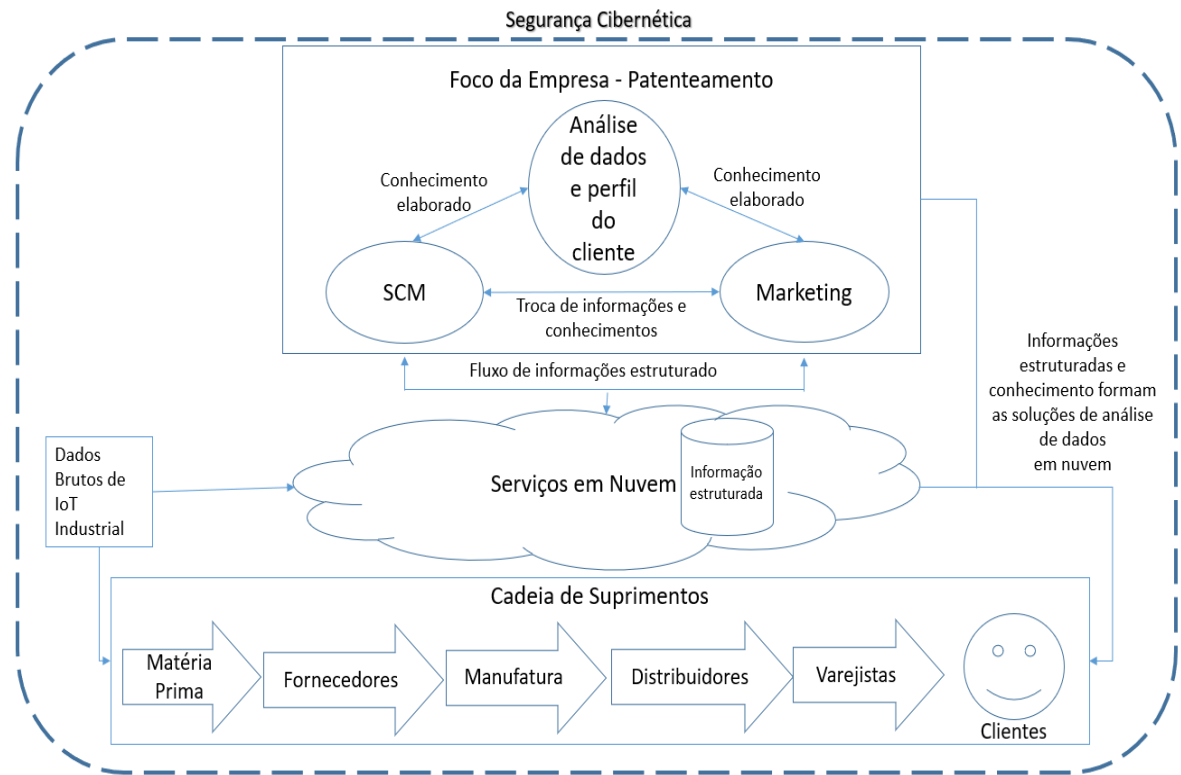
O modelo proposto por Ardito *et al.* (2018) tem foco na gestão da cadeia de suprimentos-marketing (SCM-M). O estudo é dividido em duas partes: primeiro é identificado o subconjunto de tecnologias pertencentes à Indústria 4.0 que podem ser consideradas as mais relevantes para a integração SCM-M; depois é realizada uma análise de patentes americanas com o objetivo de fornecer uma visão abrangente das tendências da atividade de patenteamento que caracterizam aplicação das tecnologias digitais.

Neste modelo, ressalta-se o papel que as soluções tecnológicas da I4.0 desempenham



em termos de informação, aquisição, armazenamento e elaboração para integração da SCM-M., destacando as tecnologias da Computação em Nuvem e de Segurança Cibernética, que podem particularmente servir para gerenciar a interface SCM-M da perspectiva de processamento e segurança de informações. A Figura 2 fornece um resumo do modelo de Ardito *et al.* (2018).

**Figura 2 – Modelo Cadeia de Suprimentos - Marketing (SCM-M)**

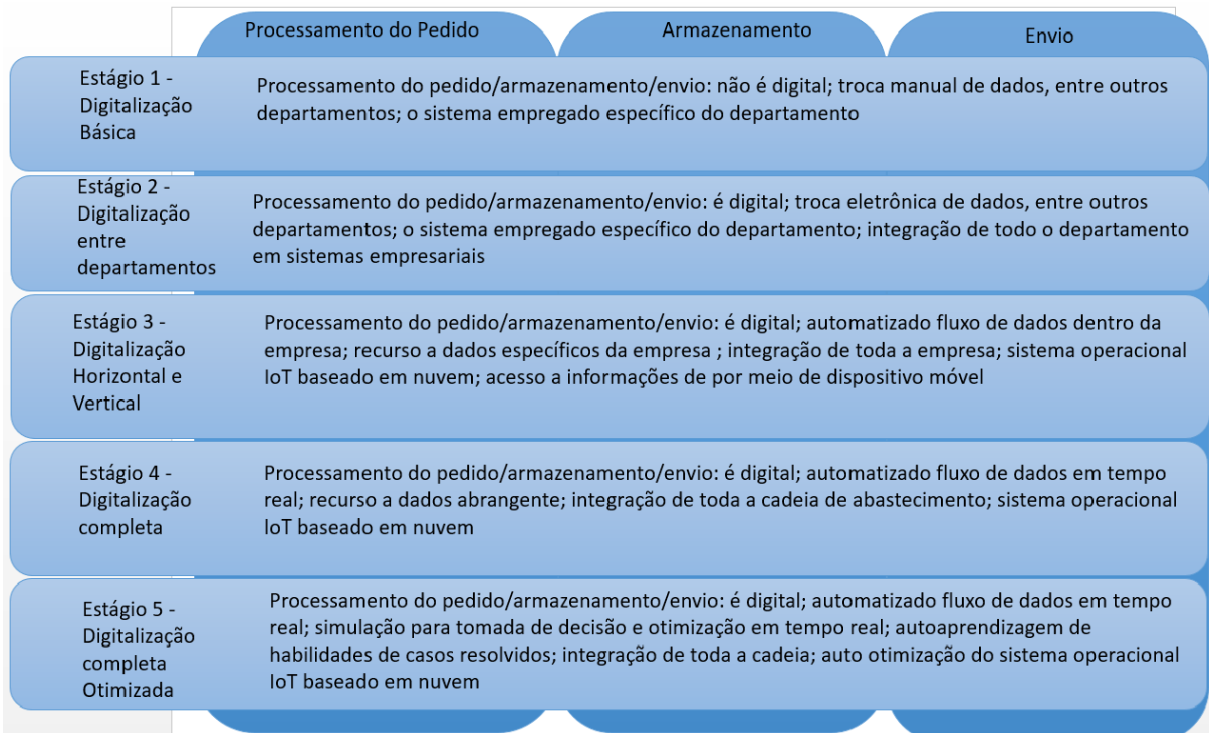


Fonte: Ardito *et al.* (2018, p. 18).

Desenvolvido por Asdecker e Felch (2018) o modelo denominado Processo de Entrega Modelo de Maturidade (DPMM) 4.0 foi criado com foco na análise de maturidade da Indústria 4.0 no processo de entrega em Cadeias de Suprimentos.

O DPMM 4.0 consiste em cinco estágios de maturidade (digitalização básica, digitalização entre departamentos, digitalização horizontal e vertical, digitalização completa e digitalização completa otimizada) que são aplicadas a três dimensões (processamento de pedidos, armazenamento e envio). Cada dimensão tem de três a sete elementos, o que permite uma análise dos resultados de maturidade para melhoria da capacidade da cadeia de abastecimento. A Figura 3 apresenta a Visão geral do modelo DPMM 4.0.

**Figura 3 – Visão geral do modelo DPMM 4.0**

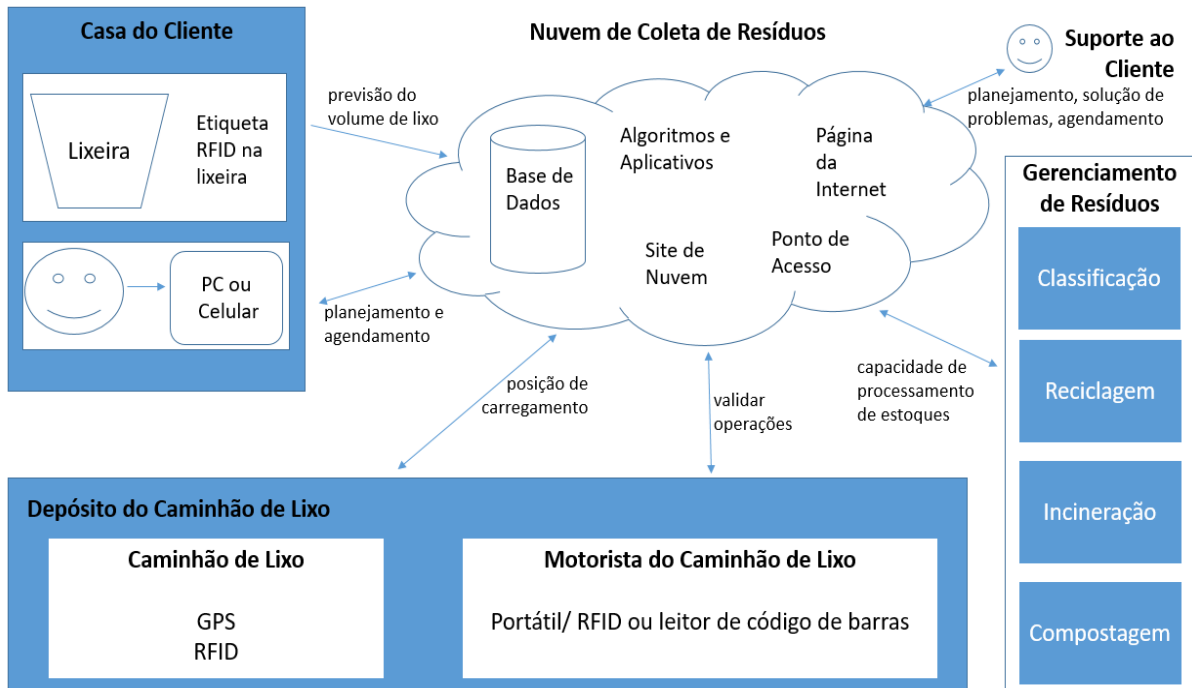


Fonte: Asdecker e Felch (2018, p. 15).

Já o modelo físico cibernético de coleta de lixo municipal proposto por Bányai *et al.* (2019) visa a otimização do roteamento de coleta de resíduos por meio do uso das tecnologias da Indústria 4.0. É uma modelagem de sistema físico cibernético de coleta de lixo, utilizando a computação em nuvem.

Neste sistema, que inclui clientes, fornecedores de serviços tecnológicos e logísticos, é implementado o monitoramento remoto de lixeiras inteligentes, que pode ser em tempo real via conexão Wi-Fi ou como monitoramento off-line, onde os dados coletados são transmitidos por leitores RFID, sendo carregados para o armazenamento em nuvem. A Figura 4 demonstra as conexões da nuvem com o sistema físico cibernético de coleta de resíduos.

**Figura 4** – Modelo de Coleta de Lixo utilizando a computação em nuvem

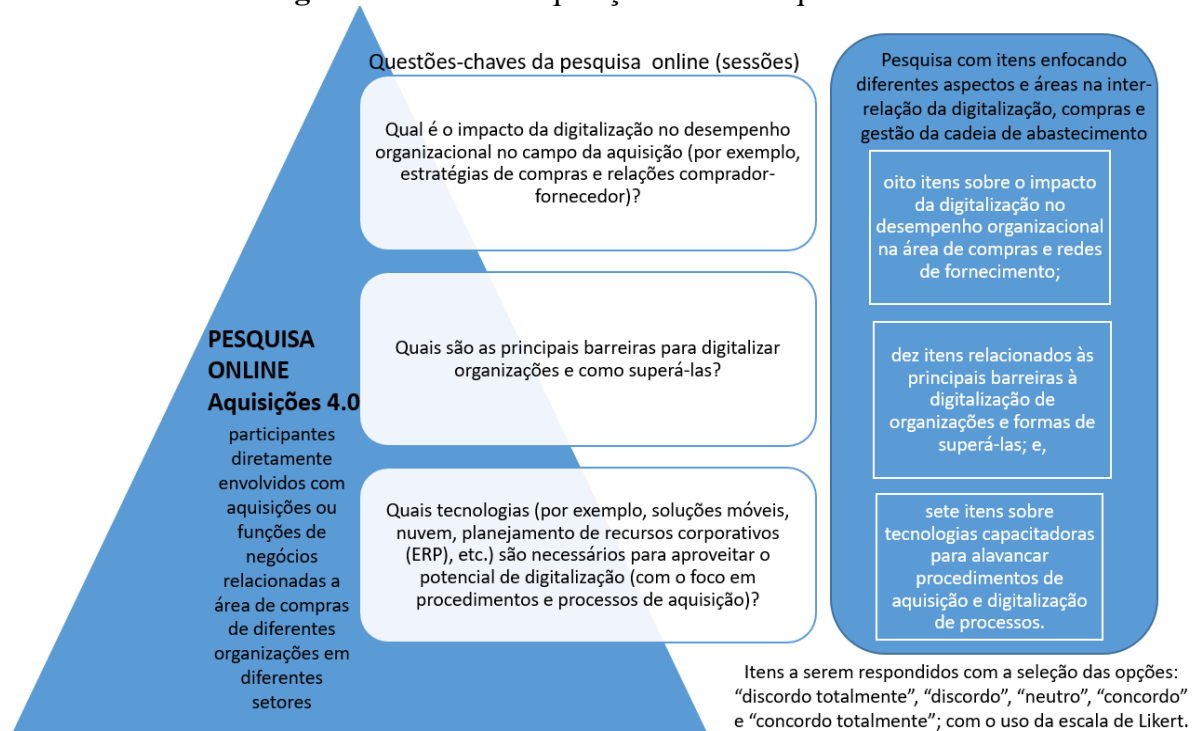


Fonte: Bányan *et al.* (2019, p. 9).

Bienhaus e Haddud (2018) apresentam o modelo Aquisições 4.0, cujo objetivo é a identificação do impacto da digitalização em compras e seu papel na área de gestão da cadeia de suprimentos. Essa identificação é por meio da coleta de dados obtidos mediante a aplicação de uma pesquisa *online*.

A parte principal dessa pesquisa é orientada por três questões-chaves enfocando diferentes aspectos e áreas na inter-relação da digitalização, compras e gestão da cadeia de abastecimento. A Figura 5 mostra em síntese a estrutura do Modelo Aquisições 4.0 - Pesquisa.

**Figura 5 – Modelo Aquisições 4.0 – Pesquisa Online**



Fonte: Elaborado pela autora a partir de Bienhaus e Haddud (2018).

Sendo proposto por Chong *et al.* (2018), o modelo de aplicabilidade da Integração Impressão 3D e Indústria 4.0 no ensino de engenharia consiste na mistura do ensino tradicional, aprendizado on-line e abordagens de sala de aula invertidas.

Por meio de Pesquisa envolvendo acadêmicos, realizada com alunos para avaliar os impactos da impressão 3D/Indústria 4.0 no curso de engenharia, sugestões e *feedback* para integração desses elementos ao ensino foram coletados e analisados. A Figura 6 apresenta o resumo do Modelo Integração da impressão 3D e Indústria 4.0 no Ensino de Engenharia.

**Figura 6 – Modelo Integração da Impressão 3D e Indústria 4.0 no Ensino de Engenharia**

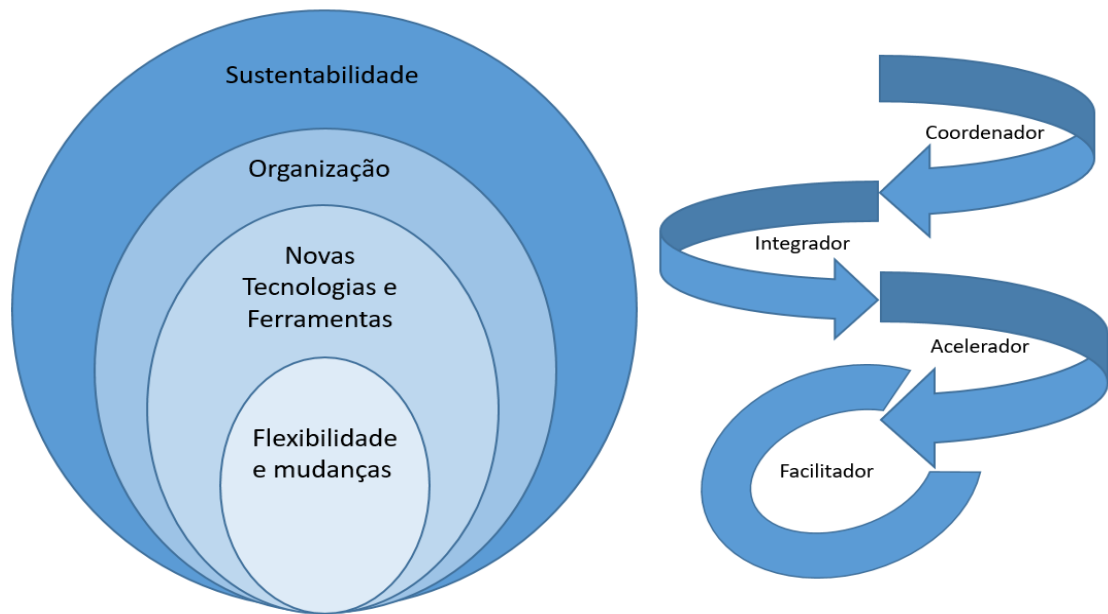


Fonte: Chong *et al.* (2018, p. 10).

Já o Modelo Impacto da Sustentabilidade no desempenho da cadeia de suprimentos 4.0, de Dossou (2018), propõe desenvolver uma abordagem e uma estrutura para medir a dinâmica da cadeia de suprimentos 4.0 e a implementação de conceitos da indústria 4.0 em Pequenas e Médias Empresas - PME.

Neste modelo, são consideradas as seguintes dimensões: flexibilidade e mudanças, como facilitador de desempenho de PME, novas tecnologias, como acelerador dinâmico de PME, abordagem organizacional, como integrador de PME, sustentabilidade, como coordenador de evolução de PME. Na Figura 7, é demonstrada a síntese da estrutura do modelo.

**Figura 7** – Estrutura do acelerador dinâmico indústria 4.0 e cadeia de suprimentos

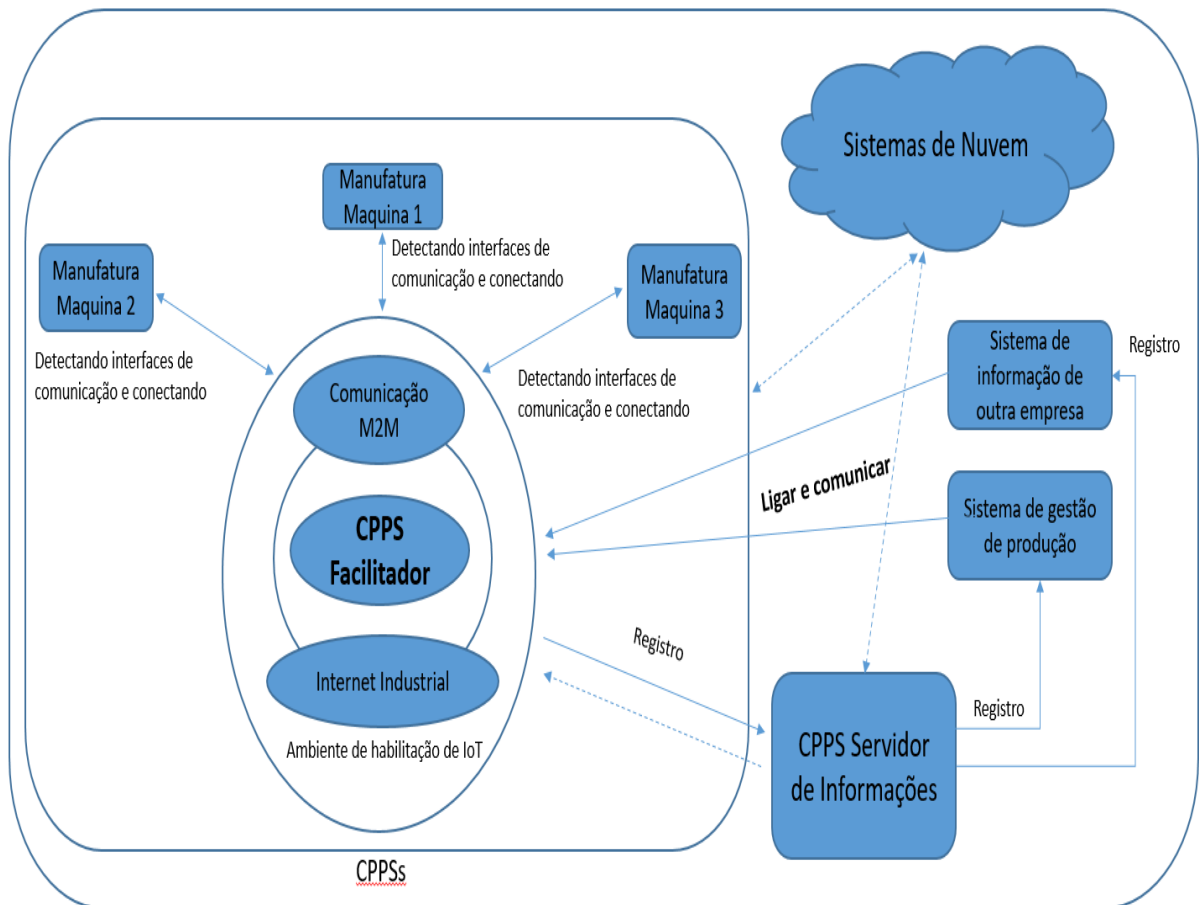


Fonte: Dossou (2018, p. 3).

Proposto por Fatorachian e Kazemi (2018), o modelo desenvolvido é para a aplicação do Facilitador CPPS e Servidor de Informações CPPS como o principal passo para a manufatura inteligente. Por meio da IoT, é realizada a conversão de sistemas avançados de produção para Sistemas de Produção Física Cibernética (CPPS).

Neste ambiente cibernético de produção física, todos os sistemas podem ficar conectados ao Facilitador CPPS, por meio da Internet e, posteriormente, ao CPPS Servidor de Informações através de tecnologia em nuvem e análise de *big data*. A Figura 8 apresenta a representação teórica para operacionalização da Indústria 4.0 na manufatura.

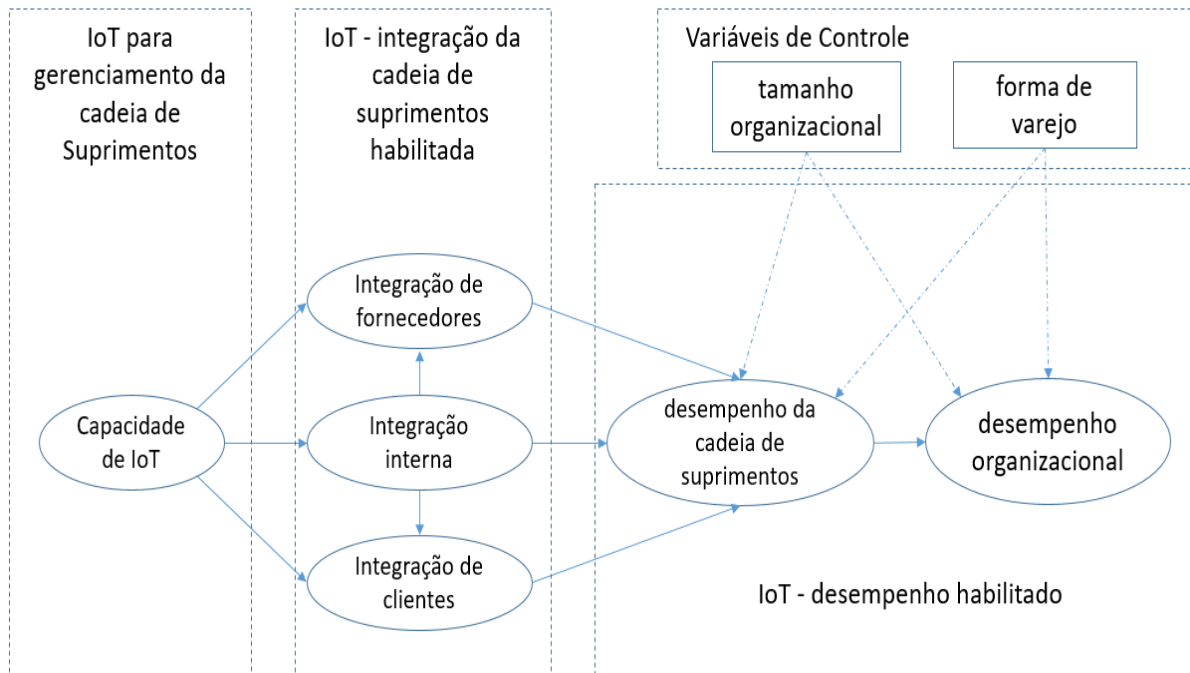
**Figura 8** – Proposta para operacionalização da Indústria 4.0 no processo de produção



Fonte: Fatorachian e Kazemi (2018, p. 26).

Vass *et al.* (2018) desenvolveram um modelo empírico considerando o efeito das capacidades de IoT em múltiplas dimensões de integração de processos, cadeia de suprimentos e desempenho organizacional, por meio da pesquisa com representantes de empresas de varejo, para análise de dados utilizando a modelagem da equação estrutural (*Structural Equation Modelling* - SEM), para estimar o modelo conceitual com base nos casos entrevistados. A Figura 9 apresenta, em síntese, a estrutura conceitual do modelo habilitada para IoT.

**Figura 9** – Estrutura para integração e desempenho da cadeia de suprimentos para IoT

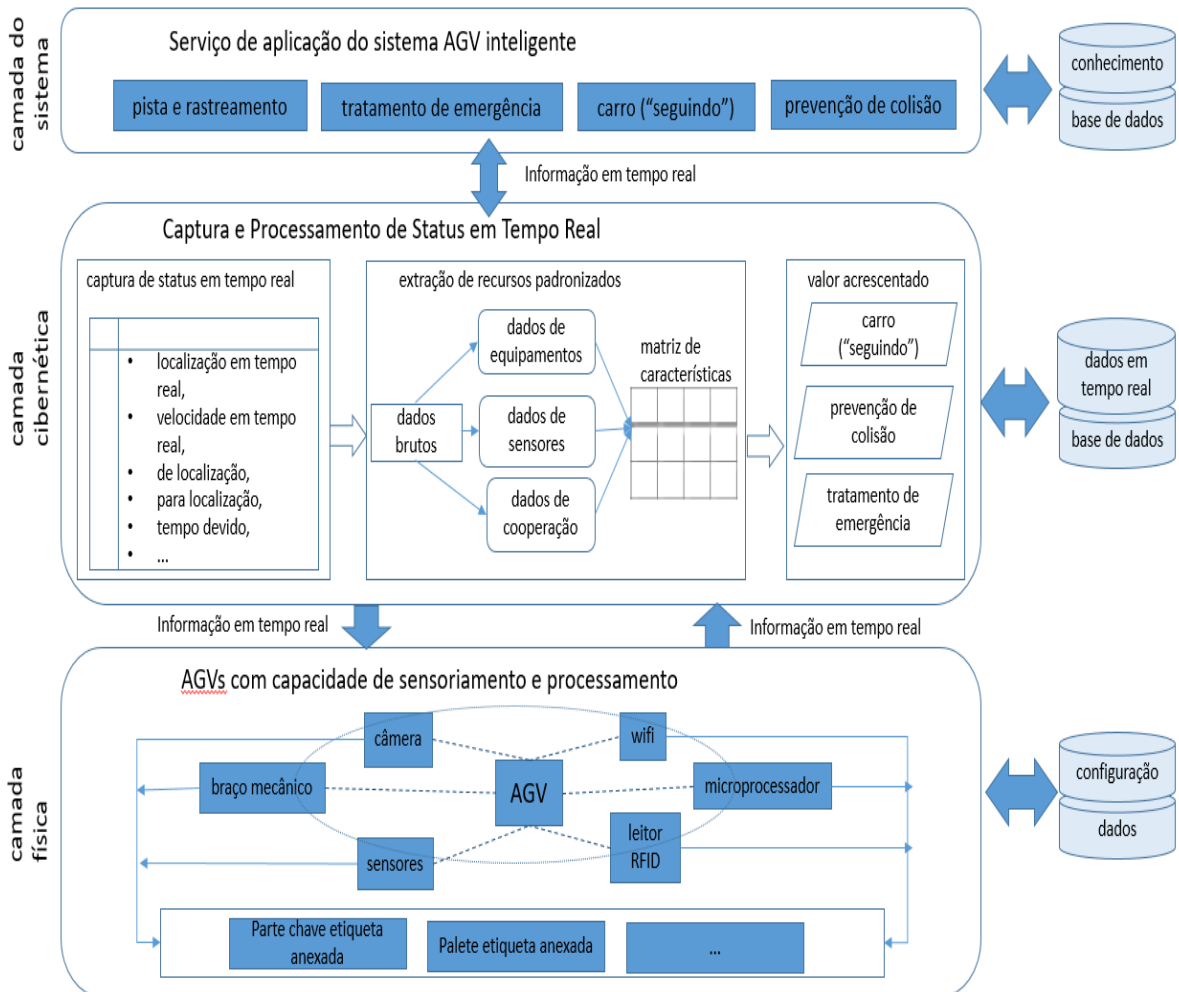


Fonte: Vass *et al.* (2018, p. 15).

Projetado por Zhang *et al.* (2018), o controle inteligente baseado em sistema cibernético-físico (CPS) é um modelo que propõe o uso de veículos inteligentes para o manuseio interno de materiais nas fábricas. Neste modelo, *Automated Guided Vehicle* (AGVs) e estações base em cruzamentos podem se comunicar e interagir uns com os outros e compartilhar informações *online* em tempo real. Esse modelo é composto por três camadas, da parte inferior para o topo: camada física, camada cibernética e a camada do sistema. A arquitetura geral do sistema inteligente baseado em CPS para manuseio de materiais é apresentada na Figura 10.



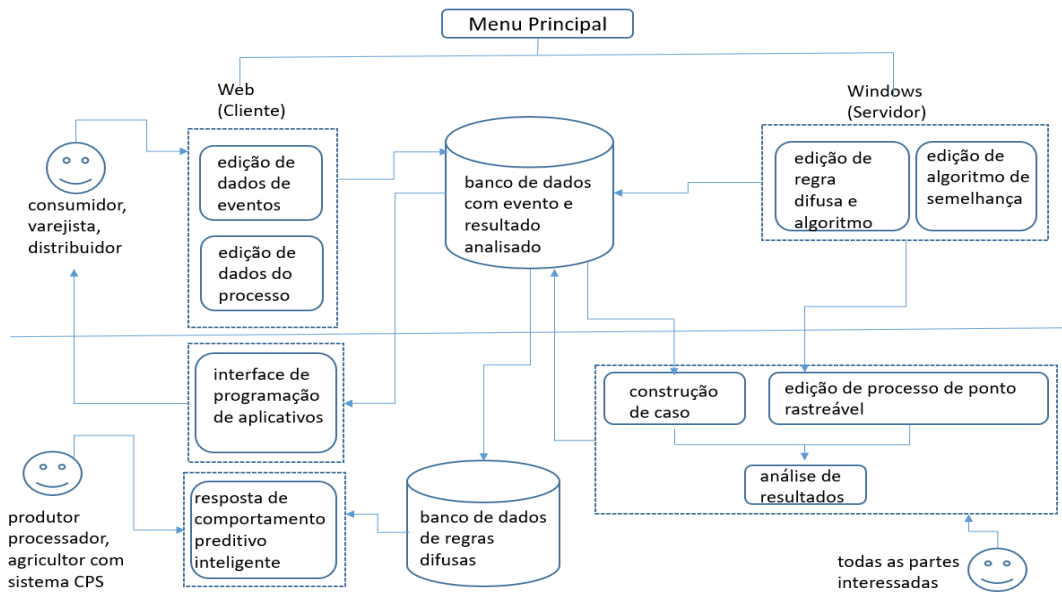
**Figura 10** – Modelo de controle inteligente baseado em CPS para manuseio de materiais



Fonte: Zhang *et al.* (2018, p. 4).

O modelo avançado de rastreabilidade de alimentos na cadeia de suprimentos proposto por Chen (2017) é um sistema físico cibernético (CPS) com computação em nuvem baseado em fluxo de valor inteligente. O sistema é integrado com arquiteturas corporativas, método de mapeamento de fluxo de valor e por rede de computação em nuvem para rastreabilidade de eficiência colaborativa. A Figura 11 apresenta, em síntese, o sistema CPS de rastreabilidade de alimentos baseado em fluxo de valor inteligente.

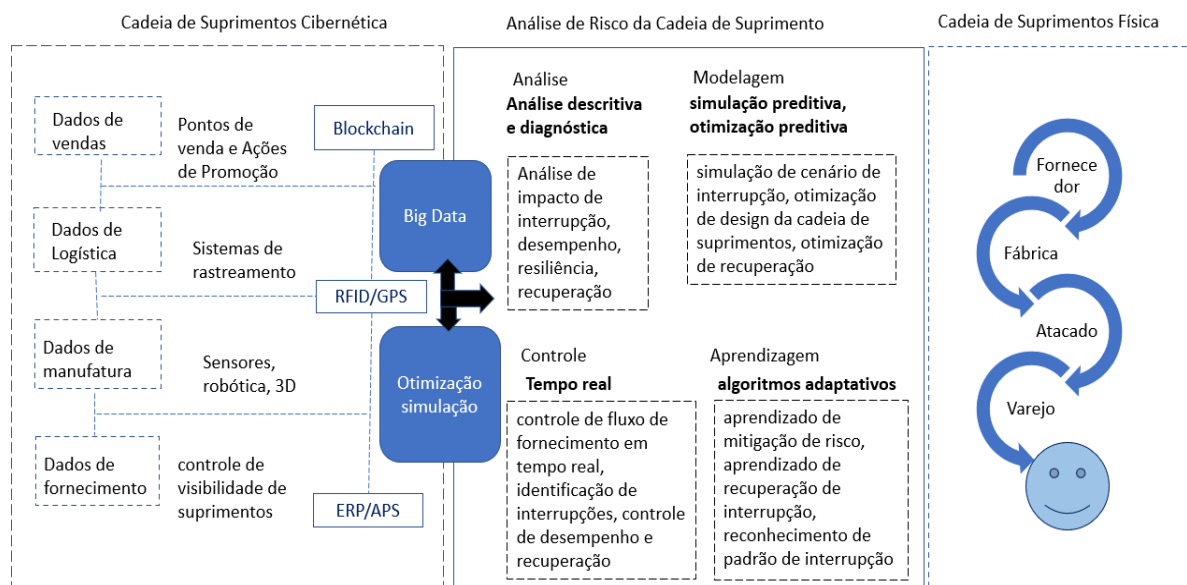
**Figura 11** – CPS de rastreabilidade de alimentos baseado em fluxo de valor inteligente



Fonte: Chen (2017, p. 132).

Já Ivanov *et al.* (2018) apresentam uma análise do impacto da digitalização e da Indústria 4.0 no efeito cascata na cadeia de suprimentos. O estudo desenvolvido conecta perspectivas de negócios, informação, engenharia, big data, indústria 4.0, manufatura aditiva e sistemas avançados de rastreamento. No modelo, é feita uma relação entre digitalização e riscos da cadeia de suprimentos, em que a simulação e a otimização desempenham papéis significativos na resolução de problemas emergentes. A Figura 12 mostra a estrutura de análise de risco na cadeia de suprimento digital.

**Figura 12** – Modelo da estrutura de análise de risco na cadeia de suprimento digital

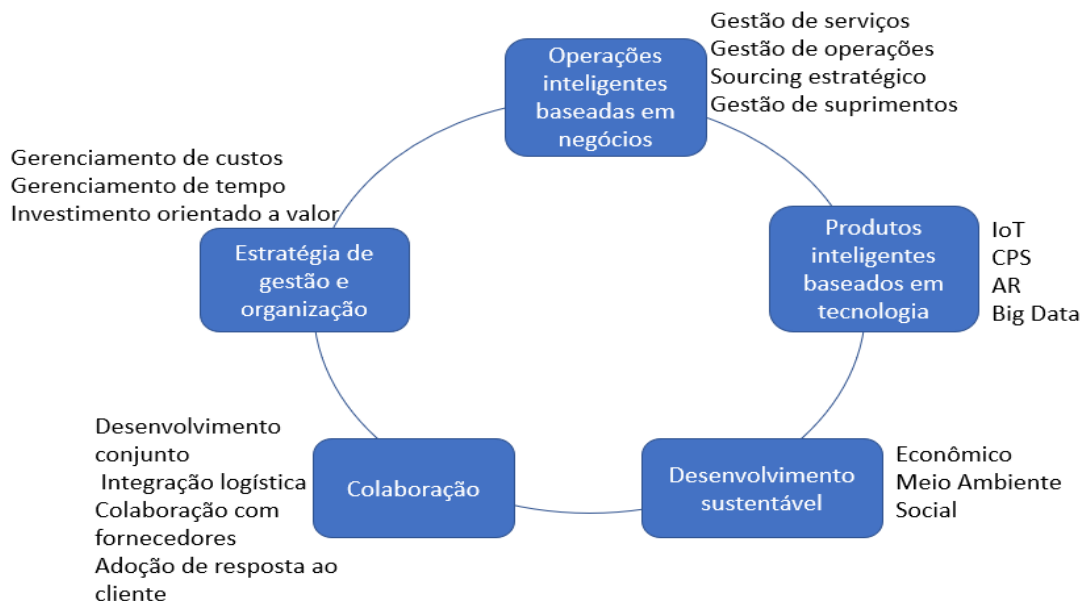


Fonte: Ivanov *et al.* (2018, p. 13).

Manavalan e Jayakrishna (2019) propõem uma nova estrutura para avaliar a preparação da cadeia de suprimentos sustentável para atender a indústria 4.0, tendo como principal critério sistemas SCM baseados em IoT. O conceito do modelo foi formulado a partir de cinco perspectivas de SCM, nomeadamente negócios, tecnologia, desenvolvimento sustentável, colaboração, perspectivas de estratégia de gestão.

A proposta de exploração do potencial das oportunidades de IoT, disponíveis em espaços da cadeia de suprimentos sustentável para a indústria 4.0, está resumidamente demonstrada na estrutura da Figura 13.

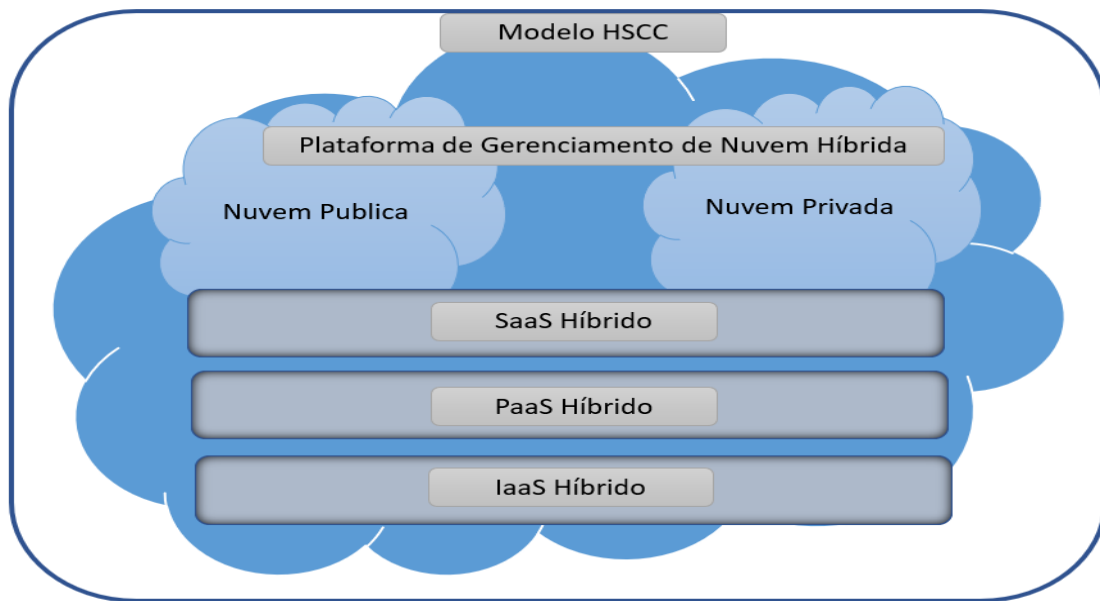
**Figura 13** – Avaliação da Gestão da Cadeia de Suprimentos Sustentável para a I4.0



Fonte: Manavalan e Jayakrishna (2019, p. 19).

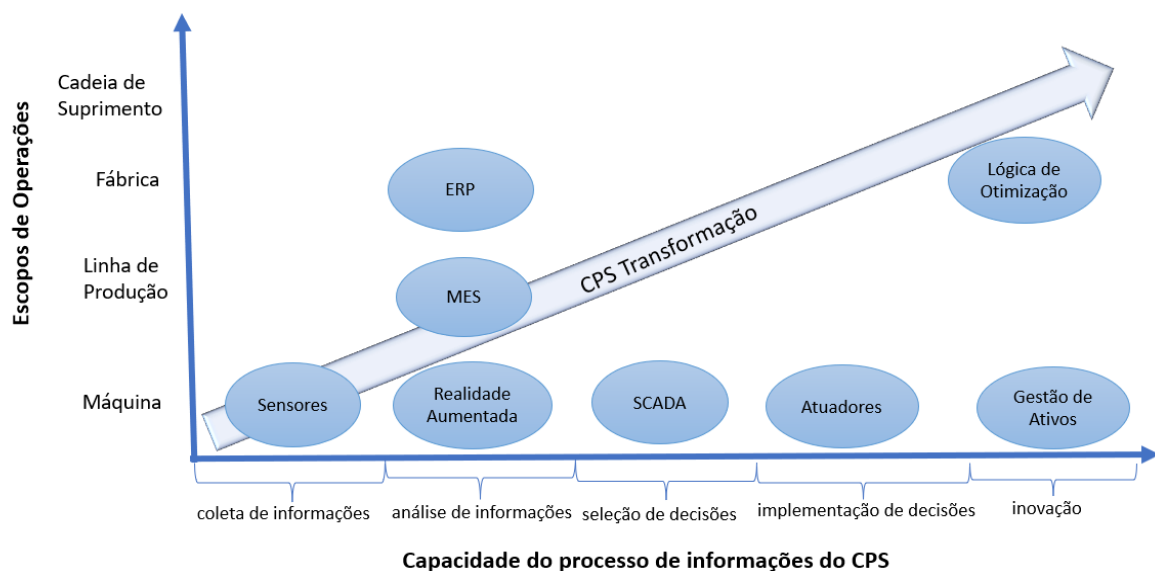
Desenvolvido pelos pesquisadores Sundarakani *et al.* (2019), foi proposto um novo modelo baseado em nuvem híbrida abordando os estágios para a implementação bem-sucedida de recursos tecnológicos na cadeia de suprimentos. O modelo *Hybrid Supply Chain Cloud* (HSCC) integra a infraestrutura, os recursos e as configurações das plataformas.

O HSCC utiliza os principais modelos de serviço em nuvem: *Software* como Serviço (SaaS), Plataforma como Serviço (PaaS) e Infraestrutura como Serviço (IaaS), conforme está apresentado na Figura 14.

**Figura 14** – Modelo Híbrido de Cadeia de Suprimentos em Nuvem

Fonte: Sundarakani *et al.* (2019, p. 8).

Já o modelo desenvolvido por Waschull *et al.* (2019) é uma estrutura da transformação sequencial para CPS. Essa estrutura ajuda a entender melhor como diferentes estágios do CPS afetam o trabalho humano. Mostrando as diferentes capacidades CPS de processamento de informações em diferentes escopos de operações (máquina, linha de produção, fábrica e cadeia de suprimentos) e sua relação com o trabalho. A representação esquemática da estrutura do modelo e alguns exemplos de tecnologias concretas que podem ser aplicadas na transformação para CPS são demonstradas na Figura 15.

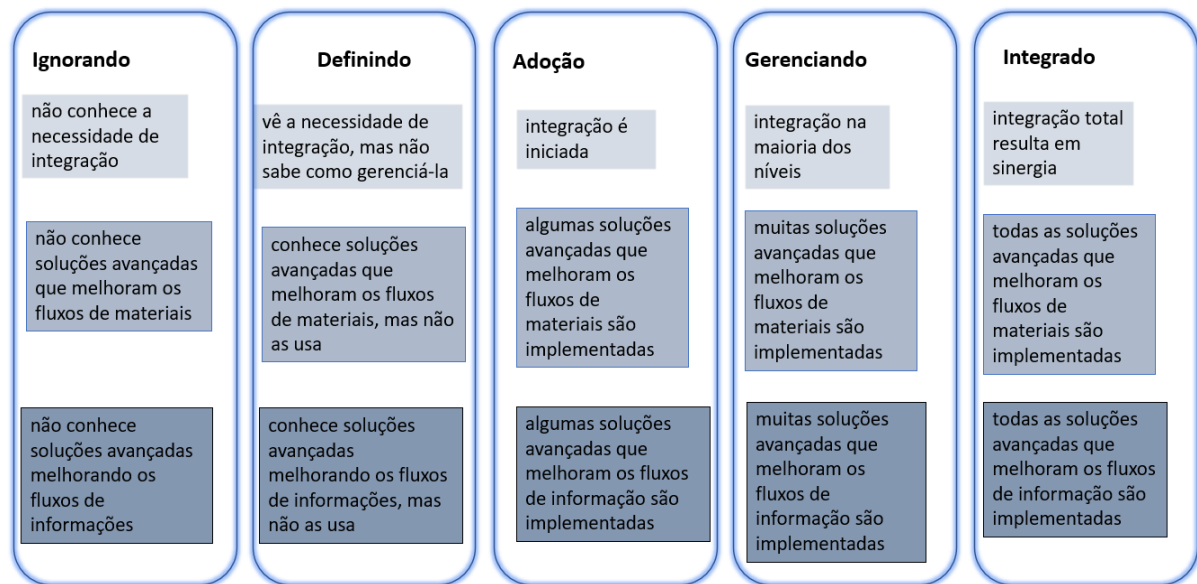
**Figura 15** – Estrutura de transformação CPS, incluindo exemplos de tecnologia

Fonte: Waschull *et al.* (2019, p. 6).

Enquanto isso, o modelo de maturidade para Logística 4.0, desenvolvido por Facchini *et al.* (2020), tem como objetivo a identificação do nível de maturidade das empresas na implementação das tecnologias da Indústria 4.0 em seus processos logísticos, destacando os pontos fortes e fracos no que se refere à transição para a Logística 4.0.

O modelo proposto para orientar as empresas a avaliar o nível de maturidade da transformação digital dos processos logísticos, de acordo com os princípios da quarta revolução industrial, está apresentado, em síntese, na Figura 16.

**Figura 16 – Modelo de maturidade para Logística 4.0**



Fonte: Facchini *et al.* (2020, p. 7).

### 3 PERCURSO METODOLÓGICO

Neste capítulo, são apresentados os procedimentos metodológicos que direcionaram o desenvolvimento da pesquisa que se propôs a analisar o nível de maturidade da cadeia de suprimentos de uma empresa, do subsetor de concentrados para bebidas não alcoólicas, do Polo Industrial de Manaus.

De modo a listar as técnicas que foram empregadas nesse estudo, estão expostas as seguintes seções: natureza da pesquisa, objetivos da pesquisa, abordagem da pesquisa, modelo de maturidade, procedimentos da pesquisa, método de coleta de dados, análise de dados e esquema de operacionalização da pesquisa.

#### 3.1 NATUREZA DA PESQUISA

Quanto à natureza, a pesquisa foi classificada como aplicada, pois teve como foco principal a finalidade de produzir conhecimento e dados sobre o tema verificado. A pesquisa do tipo aplicada tende a gerar resultados específicos que podem ser utilizados de modo imediato e prático para auxiliar na solução de problemas reais e peculiares das empresas (COOPER; SCHINDLER, 2016; CHIZZOTTI, 2018).

A presente pesquisa aplicada, de análise do nível de maturidade da cadeia de suprimentos de uma fábrica de concentrados do PIM, forneceu uma medição do *status quo* da cadeia de suprimentos inteligente dessa empresa, de modo a auxiliar a empresa estudada na melhoria de processos dentro do contexto da Indústria 4.0.

#### 3.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

No que diz respeito aos seus objetivos, a pesquisa teve caráter exploratório e descritivo, em que foi realizada a revisão sistemática da literatura, bem como foram descritas as características relacionadas aos assuntos Indústria 4.0, Modelos de Maturidade e Cadeia de Suprimentos Inteligente.

A pesquisa pode ser definida como exploratória, uma vez que a bibliografia ou a revisão de literatura construiu o projeto de pesquisa, compreendendo obras relevantes para o tema específico. Pesquisas exploratórias têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses. O estudo exploratório contém levantamento bibliográfico e entrevistas, na busca de informação a respeito do objeto

da pesquisa, com delimitação de limite e mapeamento das ações (SILVA, 2015; GIL, 2017; SEVERINO, 2017).

A pesquisa pode ser também classificada como descritiva, uma vez que “delineia o que é” e visa descrever as características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis. Pesquisas descritivas têm como objetivo geral identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência do fenômeno (TURRIONI; MELLO, 2012; GIL, 2017).

### 3.3 ABORDAGEM DA PESQUISA

Quanto à abordagem, a pesquisa foi quantitativa e qualitativa, com aplicação do questionário do modelo de maturidade, assim como foram realizadas entrevistas com os atores envolvidos a fim de obter informações adicionais.

Os métodos quantitativos utilizam ferramentas estatísticas e realizam o levantamento e a análise de dados, com o objetivo de obter uma amostragem de resultados relacionados ao comportamento de uma determinada população. Além disso, outra característica da abordagem quantitativa é a existência de hipóteses específicas e variáveis definidas. Pesquisas quantitativas preveem a mensuração de variáveis preestabelecidas, procurando verificar e explicar sua influência sobre outras variáveis, mediante a análise da frequência de incidências e de correlações estatísticas (MIGUEL, 2018; CHIZZOTTI, 2018).

A pesquisa quantitativa se apoia em cálculos para medir os resultados, por meio da interpretação das informações e opiniões em formato de números, para então arrolar e averiguar tais informações. Na metodologia quantitativa, a partir da medição dos dados, busca-se analisar a frequência do evento com o intuito de mensurar a autenticidade (ou ausência dela) daquilo que está sendo observado (GIL, 2017; SEVERINO, 2017).

A pesquisa qualitativa tende a ter interação no ambiente natural do problema sob investigação e envolve expandir a coleta de dados, pois considera as atividades dos indivíduos inseridas nesse contexto, de modo a obter informações adicionais que possam auxiliar a interpretar e validar os resultados do estudo de caso (CRESWELL; CRESWELL, 2018).

A pesquisa de métodos mistos abrange a coleta de informações qualitativas (abertas) e dados quantitativos (fechados) em resposta a perguntas da pesquisa. Inclui a coleta, análise e interpretação de dados quantitativos e qualitativos, mesclando, explicando, construindo e incorporando os dados. Assim, as duas formas de dados são integradas no projeto e produzem

uma visão adicional, além das informações fornecidas apenas pelos dados quantitativo ou qualitativo (JOHNSON; ONWUEGBUZIE; TURNER, 2007).

### 3.4 MODELO DE MATURIDADE

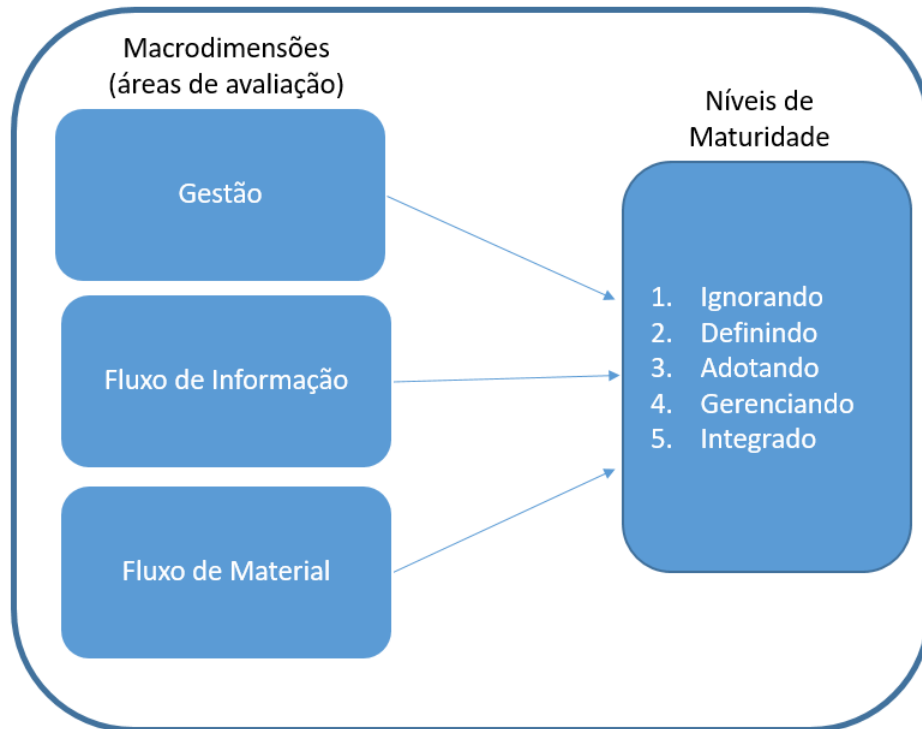
O estudo utilizou um modelo de maturidade desenvolvido por Francesco Facchini, Joanna Oleśków-Szłapka, Luigi Ranieri e Andrea Urbinati, publicado na revista *Sustainability*, no ano de 2020. O modelo foi escolhido em função da forma simplificada de aplicabilidade do questionário, tal como da obtenção dos resultados. O modelo adotado possui três macrodimensões: Gestão, Fluxo de material e Fluxo de informação. As macrodimensões compreendem as seguintes áreas para avaliação da maturidade da cadeia de suprimentos:

- a) Gestão – Investimentos, gestão de inovações, integração de cadeias de valor;
- b) Fluxo de material – Grau de automação e robotização em almoxarifado e transporte, Internet das coisas, impressão 3D, digitalização 3D, materiais avançados, realidade aumentada, produtos inteligentes;
- c) Fluxo de informação – Serviços baseados em dados, Big data (captura e uso de dados), RFID, RTLS (sistemas de localização em tempo real), sistemas de TI (ERP, WMS, sistemas em nuvem).

Para avaliar a maturidade das empresas, estão estabelecidos cinco níveis de maturidade: o primeiro nível identifica a ausência de qualquer capacidade e o quinto identifica a implementação e integração completa de soluções. A Figura 17 ilustra o esquema do modelo escolhido.



**Figura 17** – Esquema do Modelo de maturidade para Logística 4.0



Fonte: Elaborado pela autora a partir de Facchini *et al.* (2020).

### 3.5 PROCEDIMENTOS DA PESQUISA

Quanto à técnica de pesquisa, tratou-se de um estudo de caso único. O estudo de caso é uma estratégia de pesquisa, incorporando abordagens específicas à coleta e análise de dados, com uma questão que focaliza acontecimentos contemporâneos. O cerne de um estudo de caso é buscar elucidar uma decisão ou um grupo de decisões: o motivo pelo qual as decisões foram tomadas, como foram implementadas e com quais resultados obtidos com tais decisões (YIN, 2015; SEVERINO, 2017).

A pesquisa ocorreu no âmbito de uma indústria de concentrados para bebidas não alcoólicas (*Locus* da pesquisa), instalada no Polo Industrial de Manaus (PIM) e vinculada à Zona Franca de Manaus (ZFM).

### 3.6 MÉTODO DE COLETA DE DADOS

A primeira fase da análise consistiu na elaboração de questionário para recolher informações gerais, como o nome da empresa, o setor industrial e o número médio de colaboradores. Ademais, o questionário foi composto por 15 questões relacionadas, principalmente, aos seguintes três macros aspectos fundamentais:

- a) A propensão da empresa para a Indústria 4.0 e cadeias de suprimentos inteligentes, ou seja, conhecimento, percepção e desenvolvimento dinâmico da empresa em relação aos temas gerais abordados, como Indústria 4.0 e *Smart Supply Chain*;
- b) O uso atual de tecnologias no processo logístico, ou seja, sistema de gestão de recursos e infraestruturas e dispositivos inteligentes em uso ao longo de todo o processo logístico;
- c) O nível de investimentos em tecnologias da Indústria 4.0 para uma transição para uma cadeia de suprimentos inteligente, ou seja, conhecimento, posição competitiva e investimentos realizados pela empresa em tecnologias da Indústria 4.0 para uma transição Logística 4.0, como IoT, big data, Inteligência Artificial, etc., avaliando obstáculos e vantagens.

A partir das três áreas de avaliação Gestão, Fluxo de material e Fluxo de informação, as questões incluídas na pesquisa foram agrupadas de forma coerente em duas macrodimensões: Gestão e Fluxo de Materiais e Informações. A seguir, para cada uma das sete dimensões do modelo utilizado – Conhecimento; Estratégia e Liderança (S&L); Funcionários; Sistemas de TI; Produtos Inteligentes; Armazéns Inteligentes; Tecnologias – do mesmo modo, um ou mais itens/questões foram considerados para a elaboração do questionário de avaliação. O Quadro 4 apresenta as macrodimensões, dimensões e itens/questões do modelo de maturidade.

**Quadro 4 –** Macrodimensões, dimensões e itens/questões do modelo de maturidade

Macrodimensões	Dimensões	Itens/Questões
Gestão	Conhecimento	Percepção de Adoção
		Dinâmica de Desenvolvimento
		Posição Competitiva
	Estratégia e Liderança (S&L)	Impactos
		Obstáculos
	Funcionários	Habilidades
	Fluxo de material e informações	Sistemas de TI
Produtos Inteligentes		Dispositivos
		Instalações de armazenamento
		Equipamento de armazém
Armazéns Inteligentes		Impactos
		Obstáculos
		Conhecimento
Tecnologias		Relevância da Tecnologia
		Posição de Adoção
		Investimentos

Fonte: Facchini (2020).

A importância prática de cada item de maturidade foi avaliada em uma escala Likert e a técnica adotada para a implementação do modelo foi o processo de hierarquia analítica (AHP).

A escala de verificação de Likert (incluindo os valores de 1 a 4) advém de adotar um construto e desenvolver um conjunto de afirmativas conexas à sua definição, para as quais o entrevistado exprime seu grau de concordância. Uma escala tipo Likert é constituída por questões que o entrevistado, além de concordar ou não, apresenta o grau de intensidade das respostas (SILVA JUNIOR; COSTA, 2014).

O AHP é um método de análise multicritério baseado em ponderação ativa, no qual os diversos atributos relevantes são representados por meio de sua importância relativa e objetiva a seleção, escolha ou priorização de alternativas. Neste método, os pesos são atribuídos aos diferentes critérios que caracterizam uma decisão, possibilitando escolher a melhor alternativa ao problema (SAATY, 2008; SOUSA, 2017).

Por isso, para cada pergunta do questionário, foi atribuído um peso indo de “não importante” (avaliação = 1) a “muito importante” (avaliação = 4). No Quadro 5, são apresentados os pesos atribuídos a cada item/questão, conforme proposto por Facchini *et al.* (2020).

**Quadro 5 – Dimensões e peso dos itens/questões do modelo de maturidade**

<b>Dimensões</b>	<b>Itens/Questões</b>	<b>Peso</b>
Conhecimento	Percepção de Adoção	3
	Dinâmica de Desenvolvimento	3,3
	Posição Competitiva	3,2
Estratégia e Liderança (S&L)	Impactos	3,8
	Obstáculos	3,5
Funcionários	Habilidades	3,4
Sistemas de TI	Adoção	3,9
Produtos Inteligentes	Dispositivos	3,7
Armazéns Inteligentes	Instalações de armazenamento	3,9
	Equipamento de armazém	3,8
	Impactos	3,8
	Obstáculos	3,5
Tecnologias	Conhecimento	3,3
	Relevância da Tecnologia	3,8
	Posição de Adoção	3,9
	Investimentos	4

Fonte: Facchini (2020).

Além disso, de acordo com a escala Likert, cinco respostas diferentes foram identificadas para cada item/questão. Os seguintes valores foram atribuídos: não inibindo = 5; não muito inibidor = 4; inibidor = 3; inibição suficiente = 2; muito inibidor = 1. A última etapa da avaliação do modelo consistiu na estimativa geral da média ponderada de todos os itens/questões. O nível de maturidade de cada dimensão resultou do cálculo da média ponderada

de todos os itens de maturidade dentro de sua dimensão relacionada. Portanto, um intervalo numérico foi atribuído a cada nível de maturidade, de acordo com os seguintes critérios:

- a) Ignorando  $\rightarrow$  1;
- b) Definindo  $\rightarrow$  (1; 2];
- c) Adotando  $\rightarrow$  (2; 3];
- d) Gerenciando  $\rightarrow$  (3; 4];
- e) Integrado  $\rightarrow$  5.

Após a aplicação do questionário e com base no valor obtido para cada dimensão, foi desenvolvido um relatório de maturidade, cujos resultados são apresentados em tabelas e gráficos. Adicionalmente, foram realizadas entrevistas com roteiro estruturado junto aos gestores de engenharia, tecnologia, logística e produção da empresa objeto desta pesquisa para complementar as informações coletadas com o modelo de maturidade aplicado neste estudo.

A empresa objeto do estudo de caso, por sua vez, fez a escolha dos participantes da pesquisa, a saber: Supervisor de Produção, Supervisor de Logística, Supervisor de Armazém, Supervisor de Automação e Supervisor de Projetos. O questionário, bem como as perguntas do roteiro, foi respondido por entrevistados que possuíam entendimento sobre os conceitos da Indústria 4.0. Foram os mesmos participantes que fizeram a validação das perguntas do questionário/roteiro, não reportando nenhum ajuste a ser feito no material elaborado. Em março de 2023, o questionário/roteiro da entrevista foi aplicado aos funcionários participantes e as respostas obtidas serviram como entrada de dados para a análise do status quo da cadeia de suprimentos da empresa. O questionário e roteiro da entrevista deste trabalho aplicado estão disponíveis integralmente nos Apêndices A e B.

### 3.7 ANÁLISE DE DADOS

A estatística descritiva é a primeira fase da análise de dados de um estudo e tem por escopo descrever os dados observados. A função de descrição dos dados compreende as seguintes imputações: a coleta, organização, redução e representação dos dados estatísticos de modo a auxiliar a descrição do fenômeno observado. É a partir daí que é definido como e qual análise é utilizada (CRESPO, 2017; MANCUSO *et al.*, 2018).

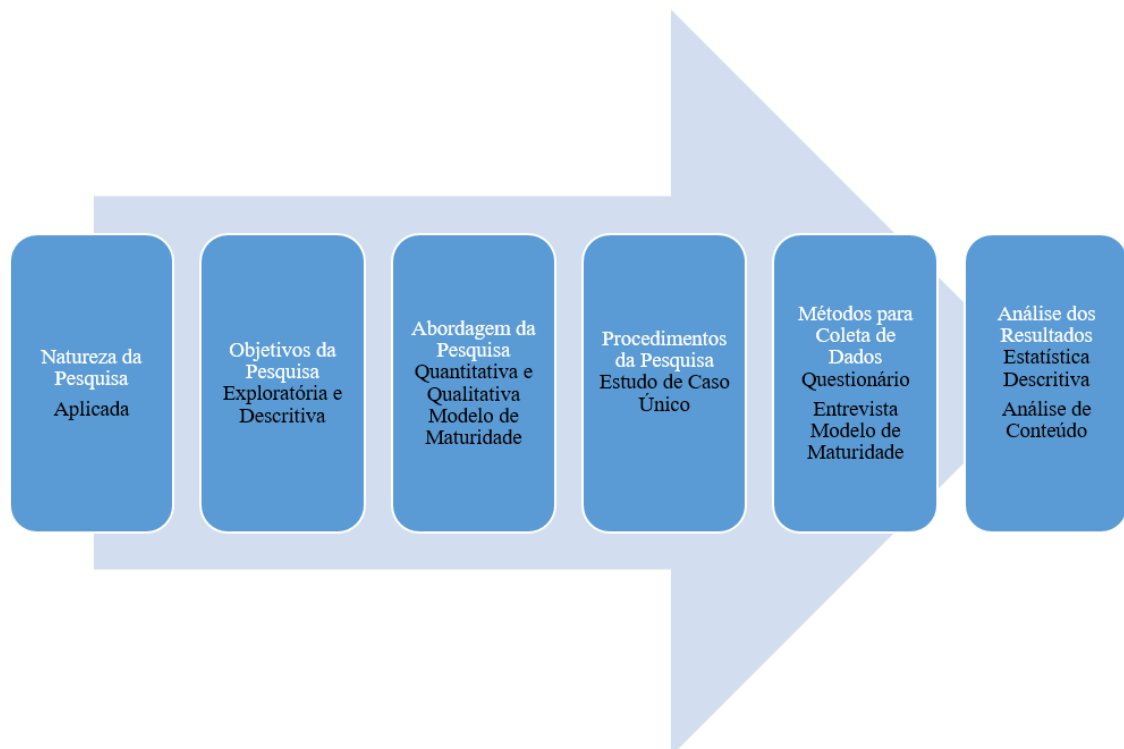
A descrição dos dados tem como objetivo básico resumir uma série de valores de mesma natureza por meio de técnicas: tabelas, gráficos, medidas (estatísticas) de variabilidade e de tendência central que ajudam na produção de uma visão global dos dados (BUSSAB; MORETTIN, 2010; FARBER; LARSON, 2010).

A segunda etapa consistiu na análise das entrevistas. Para ela, foi utilizada a Análise de Conteúdo que, segundo Bardin (2011), é uma forma de tratamento em pesquisas qualitativas e quantitativas e ocupa-se de uma descrição objetiva, segura e sistemática do conteúdo extraído das comunicações e sua respectiva interpretação. A autora ainda conceitua entrevista como um método de investigação específico e a classifica como diretivas ou não diretivas, ou seja, fechadas e abertas.

### 3.8 ESQUEMA DE OPERACIONALIZAÇÃO DA PESQUISA

As etapas da operacionalização da pesquisa estão resumidas conforme esquema desenhado na Figura 18.

**Figura 18** – Esquema de Operacionalização da Pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A fábrica de concentrados objeto do estudo de caso foi constituída empresa em 16 de agosto de 1988, tendo iniciado a sua operação no PIM em 1989. A empresa tem certificações de gestão ambiental (ISO 14001), da qualidade (ISO 9001:2000) e de segurança e saúde ocupacional (ISO 18001) e possui as seguintes filiais: Rio de Janeiro – RJ, São Paulo – SP, Porto Alegre – RS e Fortaleza – CE.

Nos últimos anos, a empresa passou por profundo processo de modernização de sua estrutura produtiva, favorecendo a fabricação de novos tipos de concentrados, que exigem maior controle na produção e armazenamento. Permitiu, ainda, que a produção ficasse mais complexa, com maior diversidade de produtos.

Apesar do produto base desta empresa ser de cola, por ser o de maior produção da fábrica, dentro da linha de concentrados para bebidas não alcoólicas são fabricados, por exemplo: de guaraná, de laranja, de limão, de uva, sucos, água saborizada, chá e diversos outros sabores e marcas voltados ao mercado doméstico, além das dezenas de tipos de concentrados destinados exclusivamente à exportação.

A empresa é, atualmente, uma das maiores fábricas de concentrados no mundo. É uma das mais modernas e uma das mais bem-avaliadas empresas do segmento. Produz anualmente cerca de 50 mil toneladas do concentrado de bebidas por ano, que geram mais de 12 bilhões de litros de bebidas finais para os consumidores do Brasil e da América Latina.

Induzidos por essa empresa, diversos fornecedores implantaram unidades industriais em Manaus para a produção de bombonas, extratos aromáticos, corante caramelo, dentre outros, fornecedores instalados que passaram a abastecer, também, as demais empresas do setor. São vantagens locacionais que contribuem para o aumento do grau de atratividade da região para as empresas desse segmento produtivo.

Neste sentido, o foco da pesquisa foi a cadeia de abastecimento desta empresa, considerando que o aumento do grau de abastecimento local de insumos propiciou fortes *backward linkages*, com importantes efeitos propulsores na agroindústria do interior da região. A empresa compra açúcar mascavo de dezenas de pequenos produtores localizados no interior do estado e investiu na maior empresa agroindustrial do Amazonas, fornecedora de insumos fabricados com matérias-primas regionais, como o açúcar cristal, extrato de guaraná e o álcool neutro.

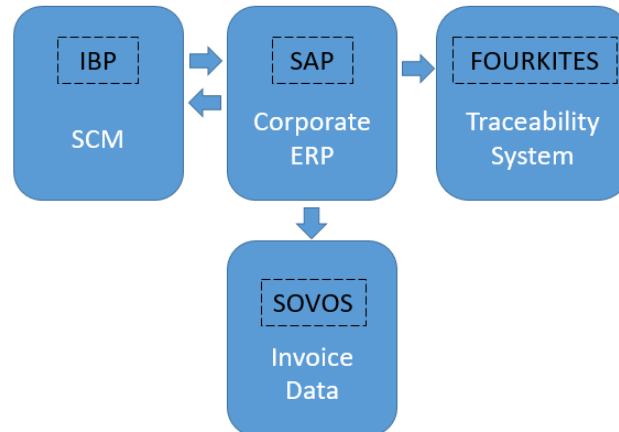
## 4.2 CARACTERIZAÇÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

A empresa *locus* do estudo está instalada no Polo Industrial de Manaus, produtora de concentrado para bebidas não alcólicas. Conforme modelo organizacional estabelecido pela matriz, toda a operação de compras da empresa é baseada nos pedidos *onlines* dos fabricantes de bebidas (engarrafadores). Embasada nessas demandas, a empresa faz todo o planejamento e execução das compras de materiais nos fornecedores internacionais, nacionais e locais.

A partir do momento que esses materiais chegam na fábrica, entram para a verificação da Qualidade e liberados vão para a Produção para fabricação do concentrado. O concentrado passa pelas movimentações logísticas internas e, depois, é levado para a área de montagem dos kits e expedição para entrega do produto final para os clientes: 16 engarrafadores no Brasil (nacional) e 9 engarrafadores no exterior (exportação).

A empresa tem uma rede com 91 fornecedores internacionais, 53 nacionais e 11 locais (incluindo matéria-prima regional). O transporte rastreado em tempo real é realizado por meio de dois grupos de Operadores Logísticos responsáveis tanto pela logística *inbound* (de materiais) como *outbound* (do produto).

Em termos de sistemas, a empresa utiliza como base para o SCM o *Integrated Business Planning* – IBP integrado ao ERP Corporativo SAP. O IBP alimenta o SAP - ordens dos clientes (engarrafadores) - e o SAP explode a necessidade de compra de materiais e ordens de produção para manufaturar (são geradas as Listas de Materiais, os Pedidos de Compras e os Planos de Produção). Além das áreas de Planejamento, Compras, Produção e *Warehouse*, o SAP abarca as áreas de Qualidade, Segurança e Finanças. O SAP também é integrado ao Sistema FOURKITES de rastreamento da frota de transporte dos materiais e do produto e o acompanhamento e o controle das *invoices* internacionais é feito por sistema específico denominado SOVOS. A Figura 19 ilustra resumidamente a integração desses sistemas.

**Figura 19** – Integração de Sistemas para SCM

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

#### 4.3 NÍVEL DE MATURIDADE DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

A aplicação do Modelo de Maturidade para Logística 4.0 escolhido a partir das respostas apresentadas no Questionário gerou scores para as sete dimensões: Conhecimento; Estratégia e Liderança (S&L); Funcionários; Sistemas de TI; Produtos Inteligentes; Armazéns Inteligentes; Tecnologias. Para cada dimensão, estão apresentados no Quadro 6 as questões, o peso e suas respectivas pontuações.

**Quadro 6** – Dimensões, itens/questões do modelo, pesos e pontuação

Dimensões	Itens/Questões	Peso	Pontuação
Conhecimento	Percepção de Adoção	3	2
	Dinâmica de Desenvolvimento	3,3	3
	Posição Competitiva	3,2	3
Estratégia e Liderança (S&L)	Impactos	3,8	2
	Obstáculos	3,5	2
Funcionários	Habilidades	3,4	3
Sistemas de TI	Adoção	3,9	4
Produtos Inteligentes	Dispositivos	3,7	4
Armazéns Inteligentes	Instalações de armazenamento	3,9	2
	Impactos	3,8	2
	Obstáculos	3,5	4
	Equipamento de armazém	3,8	2
Tecnologias	Conhecimento	3,3	5
	Relevância da Tecnologia	3,8	3
	Posição de Adoção	3,9	5
	Investimentos	4	3

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Mediante o cálculo da média ponderada, foi identificado o nível de maturidade das sete dimensões. Consequentemente, de acordo com os critérios do modelo, um intervalo numérico foi atribuído a cada nível de maturidade:



- a) Ignorando → 1;
- b) Definindo → (1; 2];
- c) Adotando → (2; 3];
- d) Gerenciando → (3; 4];
- e) Integrado → 5;

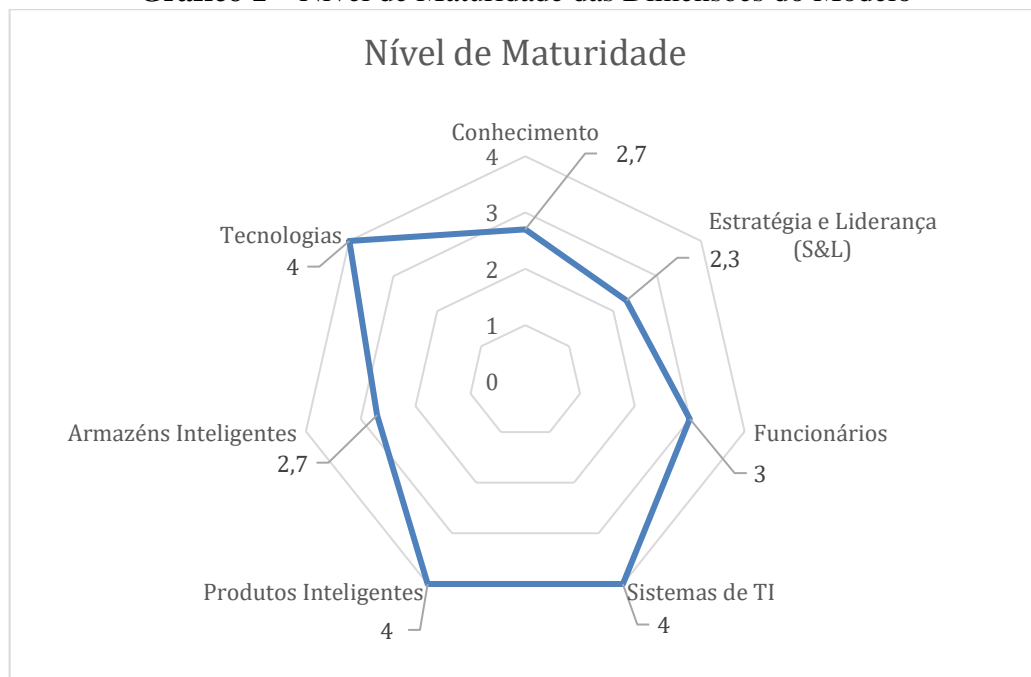
Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 1 e representados por gráfico de radar, mostrado no Gráfico 1.

**Tabela 1 – Dimensões, Média Ponderada e Nível de Maturidade**

Dimensões	Média ponderada	Nível de maturidade
Conhecimento	2,7	Adotando
Estratégia e Liderança (S&L)	2,3	Adotando
Funcionários	3	Gerenciando
Sistemas de TI	4	Gerenciando
Produtos Inteligentes	3	Gerenciando
Armazéns Inteligentes	2,7	Adotando
Tecnologias	4	Gerenciando

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

**Gráfico 1 – Nível de Maturidade das Dimensões do Modelo**



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

#### 4.4 ANÁLISES E DISCUSSÕES

#### 4.4.1 Dimensão Conhecimento

A dimensão Conhecimento obteve intermediária aderência ao modelo utilizado, junto com a dimensão Armazéns Inteligentes, ambas obtendo o nível de maturidade “Adotando”, com avaliação de 2.7.

O conhecimento das várias inovações tecnológicas da Indústria 4.0 como, por exemplo, Big Data, Robôs Autônomos, Integração de Sistemas Horizontal e Vertical, Internet das Coisas, Segurança Cibernética e Computação em Nuvem, entre outras, é um fator importante para a eficiente gestão e competitividade de uma empresa no mercado (SAUCEDO-MARTÍNEZ *et al.*, 2018). A posição da empresa em relação à implementação das tecnologias, para a adoção da Logística 4.0, está apresentada nos fragmentos de discurso de E1, E2, E3, E4 e E5.

E1: A nossa percepção é que a área de Logística é um processo que possui muitas possibilidades com relação a indústria 4.0. Nós temos um projeto a nível global, com ajuda de consultoria, que está fornecendo indicação de como nós podemos melhorar o nosso dia a dia, na logística, no transporte e dentro do estoque.

E2: O paradigma é verificar qual seria a melhor tecnologia, qual a melhor oportunidade para implementar porque a companhia tem 18 plantas de fabricação de concentrado, mas não são plantas padrão. O nosso grande desafio é encontrar uma solução que possa atender a nossa planta.

E3: Nós já participamos ano passado do início do projeto “Planta do Futuro” onde foram mapeados vários processos de todos os departamentos da fábrica. Foi colocado que tem as plantas de concentrados no mundo que são as *Light Houses*, são as fábricas “farol”, que iluminam, e já tem os estudos de caso que estão implementados que estão sendo replicados para as outras plantas, e a nossa empresa está fazendo isso.

E4: Nós temos essas ideias que foram capturadas no *Plant of the Future Project*. Ano passado nós fizemos o *Tip of the Day*, que é tipo uma reunião de gestão de conselhos rápidos e práticos para ajudar a fazer melhor nosso trabalho. Nós também temos a consultoria global que está mapeando a parte de logística.

E5: A posição da empresa é que estamos replicando alguns estudos de caso, chamado *Unit Cases*, dentro do trabalho da planta aqui de Manaus. Estamos replicando aqui o que já foi estabelecido em outras plantas.

A sequência das seleções lexicais “Nós já participamos ano passado do início do projeto Planta do Futuro”, “Nós também temos a consultoria global que está mapeando a parte de logística” e “Estamos replicando aqui o que já foi estabelecido em outras plantas” possibilitam constatar o bom conhecimento da companhia quanto a 4ª Revolução Industrial, bem como o emprego de esforços da empresa em ações para implementar a utilização das tecnologias inteligentes – fundamental para o avanço da Indústria 4.0 nas cadeias de valor – a fim de atender a um mercado dinâmico e global (ZHONG *et al.*, 2017; CIOFFI *et al.*, 2020).

Os relatos dos entrevistados permitem, ainda, inclusive na área Logística, verificar a dinâmica de desenvolvimento da empresa em relação à implementação das tecnologias emergentes. Para otimizar o atendimento das expectativas do mercado e conseguir aumentar a

fidelidade dos clientes, as empresas precisam de ampliação da capacidade tecnológica no contexto da Indústria 4.0. É salutar que as indústrias busquem por conectividade em toda a cadeia, a fim de se manterem competitivas (FRANK; DALENOGARE; AYALA, 2019).

De fato, segundo orientações de Facchini, Szlapka, Ranieri e Urbinati (2020), a transição digital é essencial e a Indústria 4.0 constitui uma maneira necessária para sobrevivência das empresas em mercados em rápida e constante evolução. A Indústria 4.0 desafia as empresas ao conhecimento das novas tecnologias, bem como às mudanças organizacionais, operacionais, em recursos humanos e gestão.

Neste sentido, no que cerne à automação e à robotização, são tecnologias de grande valia para melhoria de trabalho manual, difícil e insalubre. Além disso, elas ajudam para que as operações sejam realizadas de forma mais acessível, flexível e segura, como também apoiam e aliviam o operador humano na realização de suas atividades (KOCH *et al.*, 2017).

#### 4.4.2 Dimensão Armazéns Inteligentes

A automação e a robotização do armazém da empresa, bem como as instalações de armazenamento e os equipamentos de armazém, são componentes da dimensão Armazéns Inteligentes. A situação da empresa em relação a essas componentes está descrita nos fragmentos de discurso abaixo:

E1: A automatização e robotização dentro do armazém da empresa hoje não existe. Mas, como mencionamos, temos a pretensão de ter. Temos o acompanhamento com a consultoria externa. Como falei anteriormente, são plantas diferentes, então são soluções diferentes. A nossa aqui, a nível de *Master Plan*, tem planos de construir um *Warehouse* automatizado.

E2: A única parte que podemos chamar de automatizada que temos é aquela estrutura vista no *Plant Tour*, as bases móveis por controle remoto (*Rack da Schaefer*), onde as estruturas de prateleiras se movimentam para que se possa ganhar espaço no armazém, alargando e estreitando as ruas, dentro da câmara fria.

E3: A utilização de transelevadores e transportadores para ligar as diferentes áreas do armazém, isso vai ter entre o nosso prédio atual e o prédio novo, no *Dry Part* (Parte Seca). Lá nós vamos ter transelevadores e transportadores.

E4: Isso, no prédio novo vamos ter o elevador que vai pegar a matéria prima. A matéria prima vai ser transportada automaticamente por esse elevador para a fábrica nova, e isso vai acontecer para produto acabado também. O produto final quando vier de lá vai para o *Warehouse* e o transporte também vai ser automático, o transporte de lá para cá.

E5: Temos um *Use Case* na planta atual, implementado na linha de produção, com utilização de uma paleteira automática que ela é um robô, o ART. Depois que o palete é formado, lá nas bombonas, no final, depois de passar o filme, o palete fica esperando ali naquele lugar. Daí o empilhador pega esse palete e leva para o *Warehouse*. A nossa ideia é que esse transporte, de pegar o palete embalado com filme e levar para o *Warehouse*, seja feito por esses robôs de capacidade de 1500Kg.

A análise desses fragmentos demonstra que a empresa está ciente da necessidade e está em desenvolvimento a automatização e robotização do *Warehouse*. De acordo com Correia *et al.* (2021), o grau de automação e robotização em almoxarifado é fundamental para a gestão do fluxo de material no Armazém Inteligente. Por isso, as empresas estão incorporando cada vez mais objetos com uso de robôs, investindo na informatização e empregando recursos em automação, com foco na redução de custos e do nível de estoque, bem como no aumento da melhoria da produtividade e confiabilidade do armazém. Nessa conjuntura, é válido ressaltar as operações com automação e robotização implementadas no processo de produção da fábrica. Tais operações foram ressaltadas nos fragmentos de depoimento de E2, E3, E4 e E5.

E2: Nós temos a manufatura vertical e usamos a Vegatronic 20K na selagem automática do material seco. E, temos o Cobalt, robô colaborativo da BS Solutions. Aliás, são dois robôs colaborativos, que nós chamamos carinhosamente Drica e Robotinho. Eles estão em teste na embalagem dos pacotes da produção seca.

E3: Na nossa manufatura líquida usamos o sistema AVS na dosagem automática da matéria prima, a mistura nos tanques é feita automaticamente. Também temos a limpeza automática dos tanques *Clean in Place* (CIP), com células de controle de pH, condutividade e temperatura e travamento automático, caso mude o produto. O CIP também faz transferência de produtos.

E4: Tem também o processo de envase todo automático. O abastecimento das tampas, a entrada das bombonas e o tampamento das bombonas. Até a inspeção do produto é automatizada. O Software da SICK faz a inspeção fotográfica. A verificação dos pesos também é automática. A segregação de não conformidade é automática. Contador de peças automático e rotulação automática.

E5: E tem o robô da Fanuc, que movimenta até 300Kg, ele faz o empilhamento das bombonas. O ART faz a paletização do produto final na produção líquida. Já o Kuka, robô usado no empilhamento da produção seca, faz o formato de encaixotamento. O Kuka faz com caixas o que o Fanuc faz com bombonas. E o Robopac Helix faz o envelopamento do filme (embalagem).

Ainda referente à automatização e à robótica, complementarmente, os entrevistados comentaram os impactos e o obstáculo mais inibidor para o Armazém Inteligente na empresa, de acordo com os fragmentos de discurso E1, E2, E3 e E4.

E1: Automatizar uma área de *warehouse* como a nossa aqui com certeza vai diminuir a quantidade de pessoas trabalhando. Isso também impacta no sentido que não sei dizer se é positivo ou negativo, porque serão menos postos de trabalho. Vamos ter menos pessoas transportando material na área de circulação porque teremos menos empilhadeiras.

E2: Só numa dessas oportunidades de melhoria que nós capturamos aqui, com relação a esses movimentos desnecessários de tirar o produto do mesmo palete, duas ou três vezes, para o mesmo caminhão, implementar isso aí reduziria muito a movimentação de empilhadeira. Hoje se tem trinta empilhadeiras, vai reduzir para quinze empilhadeiras, por exemplo.

E3: Temos muitas movimentações. Principalmente: “tira da linha, coloca numa *staging area*, depois leva para dentro do armazém com outro tipo de empilhadeira (porque é um outro edifício e exige um outro tipo de empilhadeira diferente). São muitas movimentações aí! Então, avaliando a automação/robotização do armazém vai

causar muito impacto. Vai com certeza facilitar o embarque/desembarque, a movimentação de materiais/produtos e inclusive melhorar o fluxo de materiais e pessoas. É muito impactante!

E4: O que pode ser um obstáculo para nós termos um armazém inteligente é a necessidade de alta conectividade, de capacidade para o processamento de dados; é o fator internet aqui dentro da planta. Esse seria o maior obstáculo. Porque estamos no meio da floresta, é complicado isso de fibra ótica, 5G, internet via satélite, tudo isso é caro e não é uma aquisição fácil e rápida.

Chama a atenção as seguintes seleções lexicais: “vai diminuir a quantidade de pessoas trabalhando” e “vai reduzir para quinze empilhadeiras”. Nestas colocações, observa-se que os entrevistados têm preocupação com a redução dos postos de trabalho no setor de estoque. Neste ponto, percebe-se que tal preocupação pode causar conflitos entre os gestores no processo de automatização e robotização do almoxarifado da empresa.

No entanto, deve-se considerar que a Indústria 4.0 exige alta performance das empresas para atender às demandas de fabricação. E, uma vez que os seres humanos são limitados por suas capacidades físicas, em termos de repetibilidade, força, resistência, velocidade etc. – o que geralmente resulta na redução da eficiência e qualidade – a automação e a robótica são capazes de manter alta eficiência e repetibilidade para as operações industriais. Portanto, é imprescindível o uso da automação e da robótica para garantir vantagem competitiva às empresas (KOCH *et al.*, 2017).

#### 4.4.3 Dimensão Estratégia e Liderança (S&L)

A dimensão Estratégia e Liderança (S&L) obteve nível de maturidade “Adotando”, em estágio inicial, com avaliação 2,3. O entendimento sobre o atual cenário tecnológico da Indústria 4.0 e suas tecnologias habilitadoras são primordiais para uma fábrica inteligente, com operações e processos mais rápidos e eficientes (VAIDYA *et al.*, 2018).

Neste aspecto, aprofundando especificamente para a área de logística, a Indústria 4.0 afeta, por exemplo, o desempenho e os objetivos de melhoria na produtividade e redução de custos dos processos internos do armazém, na redução de custos de distribuição e transporte e na diminuição do nível de estoque (IVANOV *et al.*, 2018; FRANK *et al.*, 2019). Os relatos de E1, E2, E3, E4 e E5 ressaltam alguns impactos e obstáculos para a adoção da Logística 4.0 na empresa.

E1: No projeto Planta do Futuro, na reunião em 2022, nós identificamos 76 oportunidades na área de Logística. Por exemplo, entre as principais, existem 42,5% das operações na linha que não agregam valor, como os movimentos vazios de empilhadeiras, ou seja, elas ficam muito tempo trafegando sem levar nenhum produto.

E2: O obstáculo mais inibidor são os investimentos, com certeza. O investimento em 4.0 é um valor muito vultuoso. Não é uma coisa que se identifique hoje para implementar amanhã. Isso requer um estudo, um projeto, que possa ser enviado à corporação para estar mostrando a necessidade.

E3: A utilização das empilhadeiras que fazem a movimentação do material são todas com o operador de empilhadeira, precisamos ainda disso. Também tem tipos de empilhadeiras diferentes que fazem movimentações horizontais e verticais, não temos uma empilhadeira que faça as duas movimentações.

E4: E temos as movimentações entre os prédios e as ruas, existem ruas que não tem tamanho padronizado, existem ruas maiores e menores em função do armazém, da localização das posições paletes que estão ali; algumas são maiores e vão até o sétimo nível, outras vão até o quinto nível.

E5: Por isso é que tem essa empresa de consultoria que está fazendo esse levantamento e estudos de melhoria visando a 4.0. Justamente para ver isso, porque não é uma coisa para só uma pessoa fazer, porque precisa ter um projeto bem sólido para podermos implementar, então, é a médio e longo prazo.

Analisando os relatos, destaca-se o fragmento do depoimento de E5: “Por isso é que tem essa empresa de consultoria que está fazendo esse levantamento e estudos de melhoria visando a 4.0”. Sabe-se que enfrentar dificuldades faz parte do grande desafio que as indústrias experimentam no processo de implementação da Indústria 4.0 nas suas operações (BENITEZ *et al.*, 2020), sendo que a empresa contratou consultoria para apoiar o enfrentamento das suas limitações. Mais exemplos de oportunidades foram citados nos depoimentos de E1, E2 e E3.

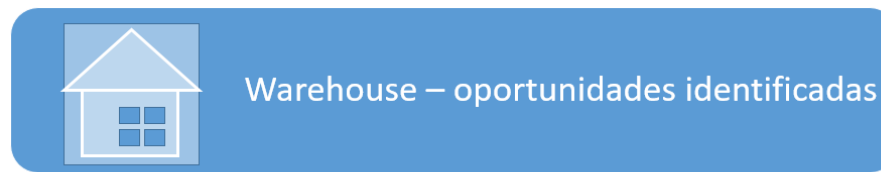
E1: Outro exemplo, diferentes tipos de paletes na operação E2E: a matéria prima chega num tipo de paleta, depois de processado é colocado num segundo tipo de paleta; e depois o produto acabado é armazenado em outro tipo de paleta. Podendo mudar até quatro vezes o tipo de paleta, ou seja, entre o material que chega aqui até o produto final, só para se ter uma ideia.

E2: Outro exemplo: desperdício de movimento no processo de entrega (movimentos para o mesmo local). Quando vão fazer o pagamento de material para ser colocado no caminhão, que é o *picking*, o operador de empilhadeira tira o paleta mais de uma vez, chegando a tirar até três vezes o mesmo paleta para carregar o mesmo caminhão. Ou seja, ele tem uma lista de entregas, que é gerado pelo SAP, tipo assim, no mesmo caminhão vão produtos para até quatro praças diferentes, locais diferentes.

E3: Mais um exemplo: *check list* excessivo e identificações visuais do produto final nos paletes – Documentação e Etiquetas. Existem 15 tipos diferentes de etiquetas que são colocadas no paleta. O paleta sai com 15 tipos diferentes de etiquetas e isso é um desperdício. Foi colocada como uma oportunidade não se utilizar tantas etiquetas na saída do produto. É lógico, tem coisas de legislação, da receita federal, tem outras coisas. Então, identificamos 76 oportunidades só na área de Warehouse. Essas que citei são só para você ter uma ideia.

E4: Então, é uma consolidação de transporte para utilizar uma mesma carreta que atenda várias praças. Então, como são deliveries diferentes, cada *delivery* é para uma determinada localidade, a partir do momento que vão liberando os *deliveries*, é que o pessoal vem fazendo o *picking*, que é a separação no Warehouse, e depois leva para a área do embarque. Então, na área de embarque é feito o *check list* e o *packing*, que é exatamente a formação do kit, para que esses paletes possam ser carregados e a nossa empresa faça a venda de kits.

**Figura 20** – Oportunidades identificadas na área de Warehouse



- 42,5% das atividades na linha não agregam valor (empilhadeira com movimento vazio)
- Existem diferentes tipos de paletes na operação E2E - Na linha de produção o produto acabado muda de palete 4 vezes
- Desperdício de movimento no processo de entrega - movimentos para o mesmo local (*Picking*)
- Excesso de *check list* e identificações visuais em paletes de produtos acabados - documentos e etiquetas (15 tipos diferentes)

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

#### 4.4.4 Dimensão Funcionário

A dimensão Funcionário obteve, no estágio inicial, o nível de maturidade “Gerenciando”, com valor 3. Uma vez que toda a força de trabalho da organização está disposta a aprender e compartilhar conhecimento com todos, torna-se possível acelerar significativamente os processos de aprendizagem dentro da empresa (SCHUH *et al.*, 2020). Nessa conjuntura, iniciativas foram desenvolvidas e estão em andamento para reconfigurar as habilidades dos trabalhadores para a Logística 4.0, conforme descrito nos fragmentos de discurso a seguir.

E1: Temos o programa *Digital Academy*. Essa é uma iniciativa da equipe do projeto Planta do Futuro. Lá no projeto existe uma área, um departamento só voltado para isso. Nós temos um Diretor de Inovação, que está em Atlanta, então ele e a equipe dele estão à frente dessa parte de capacitação e implementação também dessas tecnologias.

E2: Esse é um fator que está sendo bem trabalhado dentro da empresa, e inclusive acabamos de receber um e-mail informando que já vamos para o terceiro módulo. O que é o *Digital Academy*? Abertamente é uma escola de treinamentos digitais para todos os associados da Planta de Manaus. Isso é bem legal porque acaba englobando todo mundo.

E3: E os temas tem relação sim com a indústria 4.0, como digitalização e IoT, e são treinamentos obrigatórios, estão sendo feitos, com todo mundo, desde a gerencia geral até nossos operadores de chão de fábrica, todos temos que fazer. Inclusive é um indicador, com meta de 90% a 100%.

E4: Nós montamos equipes e definimos horários específicos, em determinadas localizações aqui da empresa, tipo sala de reuniões, sala de conferências. Vamos todos

para esses locais, onde são montadas as mesas com cadeiras e são fornecidos *tablets* e computadores. Então, cada pessoa entra na sua conta e faz o treinamento.

E5: A parte operacional, nós paramos a operação ou eles fazem hora extra, nós colocamos essas pessoas numa dessas localizações, numa sala, e fornecemos os equipamentos para cada uma dessas pessoas fazer esse tipo de treinamento. Isso tudo está relacionado a preocupação da companhia em dar a oportunidade da pessoa aprender.

Os fragmentos evidenciam o comprometimento da empresa em implementar as tecnologias da Indústria 4.0 em seus processos ao promover a capacitação dos seus funcionários por meio de um programa de treinamentos digitais para todos os trabalhadores da fábrica de Manaus. Por outro lado, existe a preocupação da empresa quanto à necessidade de mudança de mentalidade no que diz respeito à aceitação dos empregados das transformações do trabalho oriundas da Indústria 4.0, conforme descrito nos fragmentos de discurso E3, E4 e E5.

E3: Com relação a competências adequadas, também é outra coisa importante. Porque a indústria 4.0 traz tecnologias atuais, como IoT, enfim, essa habilidade com a tecnologia é um ponto bem interessante. Muitas pessoas que estão aqui dentro da fábrica não tem essa facilidade de interagir com essas novas tecnologias. Esse também é um ponto inibidor.

E4: Temos obstáculos porque a gente trabalha com um público muito diverso. E essa parte toda de tecnologia da informação, dos treinamentos, isso tudo, tem pessoas que ainda ficam muito reticentes em fazer. A primeira coisa que elas pensam é: “Poxa, mas a tecnologia é ter vários robzinhos aqui que vão estar tirando meu emprego”.

E5: Então, temos essa preocupação, é lógico. Queremos dar oportunidade para a pessoa aprender e se adaptar aquilo que vai ser implementado. Isso com certeza é uma coisa bem legal que a companhia tem.

A compreensão sobre o novo cenário profissional proveniente da 4ª revolução industrial é uma responsabilidade compartilhada por funcionários e empresa. Segundo a orientação dada por Venturelli (2020), a adesão da utilização das tecnologias emergentes na indústria é possibilitada mediante a qualificação dos empregados. Nesta perspectiva, cabe, portanto, à empregadora, a promoção de programas de qualificação relacionados a Indústria 4.0 e, ao empregado, a participação e o bom desempenho nos cursos realizados.

#### 4.4.5 Dimensão Sistema de TI

As dimensões Sistemas de TI, Produtos Inteligentes e Tecnologias obtiveram boa aderência ao modelo utilizado, sendo avaliadas com nível de maturidade “Gerenciando”, todas com valor 4. A digitalização contribui para melhorar o controle do efeito cascata e monitorar os riscos de interrupção na SCM. Por essa razão, os dados de *sourcing*, manufatura, logística e vendas são distribuídos entre diferentes sistemas, como ERP e RFID, (IVANOV *et al.*, 2018).



Abordando a dimensão Sistema de TI a empresa utiliza o Sistema Corporativo SAP, de acordo com os fragmentos de discurso transcritos E1, E2, E3, E4 e E5.

E1: Desde 2001 que temos o SAP implementado aqui. Já estamos indo agora para a nova versão. Vamos ter um upgrade, o SAP HANA.

E2: Temos o FourKites integrado ao SAP, que é uma ferramenta de rastreamento da parte dos transportes. Temos isso para *Outbound* (saída), no rastreamento das carretas com o produto, e também para *Inbound* (entrada), que é exatamente no transporte de material do meu fornecedor até a chegada aqui nossa planta em Manaus. Rastreamento por cada porto que passa, se é internacional, se é importação, e se é nacional, onde está a carreta, por carretas consolidadas.

E3: Temos o IBP é uma ferramenta que fazemos o gerenciamento de demandas e que está integrado inclusive com o SAP também. Tem essa ferramenta do fabricante de bebidas, em que ele coloca os pedidos online. E, é nessa ferramenta que tem todas as informações, inclusive folhas de periculosidade, cartas de conformidade, etc.

E4: Usamos radiofrequência integrado ao nosso sistema SAP. Isso ajuda bastante, porque não temos que ficar anotando, usando planilhas, ajuda naquele momento ali a endereçar aquele material, a fazer transferência de localização, a subir, baixar ou bloquear o material, coisas assim. Os coletores ajudam bastante, o profissional tem todos os acessos possíveis ao sistema integrado, ele já anda sozinho, e consegue fazer essa parte de gerenciamento das movimentações do estoque.

E5: Temos implementado na produção de Base de bebidas o *Smart PTU (Pret to Use)*. Um aplicativo onde o pessoal faz no *tablet* a verificação e o uso do ingrediente. Esse é um dos pontos da Planta do Futuro, é um dos primeiros que está sendo implementado, e é direto com os operadores da sala de mistura.

Examinando os relatos, tendo como base os fragmentos: “Temos o FourKites integrado ao SAP”, “Temos o IBP (...) que está integrado inclusive com o SAP (...)”, “Usamos radiofrequência integrado ao nosso sistema SAP” e “Temos implementado na produção de Base de bebidas o *Smart PTU (Pret to Use)*”, é possível identificar outros sistemas que estão integrados ao SAP.

A Indústria 4.0 percebe as operações como um sistema integrado cujas ações e procedimentos devem estar ligados a sistemas de informática e gerenciamento de dados em rede, o que causa maior eficiência no fluxo de informações. Essa percepção da indústria e do negócio envolve o uso de Sistemas de Tecnologia da Informação do tipo ERP, como é o caso do SAP (SAUCEDO-MARTÍNEZ *et al.*, 2018). Por outro prisma, foi informado que ainda não há conexão direta do SAP com os equipamentos do chão de fábrica, segundo explicado nos fragmentos dos discursos E1, E2 e E3.

E1: Um grande paradigma que temos é a interação de TI com o chão de fábrica. Agora que estamos começando a quebrar essa barreira, porque veio de cima para baixo, os gerentes sabem disso. O nosso sistema de chão de fábrica é *standalone*, ele não conversa com o lado, com o *enterprise*, com internet, com o lado externo. Porque a companhia é muito conservadora com relação a comunicação do chão de fábrica com a internet. Então, não existe hoje na nossa empresa, essa conexão. Com esse novo projeto de Planta do Futuro sim.

E2: Só para ficar claro, nós estamos utilizando, por exemplo, o *Smart PTU*, porque

estamos comunicando direto com o SAP. Não é uma comunicação dos nossos equipamentos do chão de fábrica, porque isso ainda não existe, é o que estamos trabalhando para implantar. Porque o ideal seria o SAP se comunicando direto com o equipamento. Ou seja, quando o planejador criar as ordens de produção no SAP, e liberar, elas já irão direto para os equipamentos do chão de fábrica, lá para os Batches. Mas, isso aí é o futuro, hoje ainda não é assim. Ainda não temos essa conexão direta. E3: O que temos são esses sistemas aí e ainda algumas coisas que são utilizadas, que ajudam na produção, mas não há comunicação com os equipamentos de chão de fábrica. Mas, o *Smart* PTU é uma boa ferramenta. Estamos esclarecendo somente para explicar que o SAP não está conectado direto com os nossos equipamentos de chão de fábrica, mas no futuro sim. Hoje ainda tem sempre uma interface. Mas, o SAP está integrado e implantado desde 2001 e vamos agora para o SAP HANA que é uma ferramenta analítica de alto desempenho.

Nos relatos E1, E2 e E3, notam-se as seguintes seleções quanto à conexão dos equipamentos de chão de fábrica com o SAP: “Então, não existe hoje na nossa empresa, essa conexão”, “Ainda não temos essa conexão direta” e “Hoje ainda tem sempre uma interface”. Porém, examinando esses mesmos fragmentos de discurso, é possível evidenciar o planejamento da empresa para implantar essa conexão direta do SAP com os equipamentos de chão de fábrica. Dessa maneira, a integração por modernos sistemas e a informatização dos processos permitem maior controle pelos gestores, por meio da coleta e análise de dados, das operações de fabricação dos produtos de uma indústria (ASDECKER; FELCH, 2018).

#### 4.4.6 Dimensão Produtos Inteligentes

Para a dimensão Produtos Inteligentes, foram destacados o uso da computação em nuvem, como também a utilização das tecnologias para rastreabilidade e identificação automática de mercadorias.

A computação em nuvem é interessante porque proporciona a prestação de serviços computacionais por meio de recursos visualizados e escaláveis pela Internet. Essa escalabilidade permite que as empresas invistam em mais recursos apenas se houver aumento na demanda de serviços. A tecnologia RFID é usada para identificar objetos em armazéns, chão de fábrica, operadores de logística, centros de distribuição, etc. A RFID ajuda os usuários a cumprir suas operações diárias nas fábricas e também capturam dados relacionados a essas operações, para que o gerenciamento da cadeia de suprimentos seja realizado em tempo real (GUO *et al.*, 2015; CHEN, 2017). O uso pela empresa de RFID e da Nuvem é verificado consoante os fragmentos de discurso E1, E2, E3 e E4.

E1: Nós trabalhamos num sistema de nuvens para poder conseguir rastrear nossas cargas. As informações saem do nosso transportador e vão para a Nuvem; a Nuvem é

alimentada online para que possamos visualizar os dados. O FourKites é um projeto iniciado em 2021, estamos no segundo ano dele, e temos a pretensão de concluir a implementação neste ano de 2023.

E2: Basicamente é um sistema onde temos as informações da carga (chegada, saída, entrada, etc.), para que os nossos clientes e para que nós possamos tomar decisão, direto no nosso próprio SAP. Então, essas informações da nuvem vêm para o *Transportation Management*, que é nosso módulo dentro no sistema SAP e podemos ver os eventos que o Fourkites mostra para nós.

E3: Hoje, temos a implementação em andamento em grande parte dos nossos parceiros, estamos praticamente rodando quase 100%. Para Manaus nós já avançamos da seguinte maneira: toda vez que uma Nota Fiscal sai daqui, nosso cliente recebe um e-mail, e esse e-mail é tipo aqueles e-mails que nós utilizamos das lojas que fazem entrega, avisa que seu pedido saiu, a data que vai chegar, etc., e também temos relatórios online que o sistema disponibiliza.

E4: Essa é uma ferramenta totalmente virtual. “E como que nós obtemos essas informações?”. Nosso transportador envia essas informações através do seu mecanismo EDI (Intercâmbio Eletrônico de Dados), que especificamente para as nossas cargas tem GPS na carreta e no cavalo. Então, nós conseguimos rastrear no rio, conseguimos ver as carretas, ainda que não tenha estrada, sabemos onde elas estão.

Com base nos fragmentos “Nós trabalhamos num sistema de nuvens”, “para que nós possamos tomar decisão, direto no nosso próprio SAP”, “toda vez que uma Nota Fiscal sai daqui, nosso cliente recebe um e-mail” e “Essa é uma ferramenta totalmente virtual”, além de permitir a identificação e rastrear o fluxo de materiais em tempo real, a utilização da RFID aumenta os investimentos em tecnologia da informação, o que melhora a qualidade e garante a segurança de dados no fluxo de informação na SCM (IVANOV *et al.*, 2018). Adicionalmente, referente à atuação dos dois operadores logísticos da empresa, foram feitos apontamentos quanto aos processos de *inbound* e *outbound*, constantes nos fragmentos dos discursos E1, E2, E3 e E4.

E1: Nossos dois operadores logísticos migraram para a mesma empresa de GPS. Conseguimos fazer o rastreamento tanto de lá para cá, do nosso ingrediente, quanto daqui para o cliente, do nosso concentrado.

E2: Se pegarmos uma carga de ingredientes, por exemplo, podemos rastrear e ver onde ela está, as atualizações de informações, vamos monitorando eles. E a mesma coisa o cliente: o cliente recebe o e-mail para poder fazer o rastreamento da carga de produtos, ver onde está, quando vai chegar. Da mesma forma que operamos com os materiais, operamos com produto também. O cliente pode ir acompanhando e pegando as informações de rastreamento e as previsões de entrega do concentrado.

E3: A regra é: a carga sai daqui e nosso cliente consegue começar a rastrear. Esse link é vivo. O cliente pode acessar o link e rastrear a carga na hora que ele quiser e fazer esse rastreio quantas vezes ele quiser. Ele recebe o e-mail com link e fica acessando. É o cliente que vai acompanhando as atualizações.

E4: Então, esse é o nosso sistema de rastreamento, do que sai e do que entra também (*inbound* e *outbound*), que é bem logística 4.0 mesmo, é bem informatizado, utilizando os recursos de internet e nuvem que temos disponível hoje em dia. Isso é o nosso futuro, é o que estamos programando com a Planta do Futuro, implementar e utilizar as tecnologias 4.0, para que possamos realizar da melhor forma possível o nosso trabalho no dia a dia.

Os relatos sobre a atuação dos dois operadores logísticos, quanto ao uso da RFID e utilização da computação em nuvem, reforçam a efetiva implementação de tecnologias na empresa, pois um sistema de identificação por radiofrequência com monitoramento remoto de rastreabilidade industrial e o armazenamento e disponibilidade de informações na nuvem é ferramenta de grande importância na Indústria 4.0 (BIENHAUS; HADDUD, 2018).

#### 4.4.7 Dimensão Tecnologias

Por último, na dimensão Tecnologias, foram abordados os itens Conhecimento, Relevância Tecnológica e Posição de Adoção e Investimentos. Foram feitas considerações pelos entrevistados quanto à propensão da empresa para a Indústria 4.0 e Logística 4.0, ou seja, o conhecimento, percepção e desenvolvimento dinâmico da empresa em relação às questões gerais abordadas, conforme fragmentos transcritos.

E1: A ideia da companhia é que cheguemos ao nível de conexão de tudo com a enterprise, tudo na nuvem. Mandando dados do chão de fábrica para a nuvem para que, por exemplo, um diretor da companhia lá em Atlanta consiga ver como é que está a eficiência de uma linha daqui, ver OEE (indicador de equipamento), ver CPK (indicadores de processo), ver como é que está o nível de produção. Então, isso tudo a companhia já tem essa visão e ela quer fazer. Participo dos fóruns que a gente discute isso. Por exemplo, nessa fábrica nova da expansão, vamos ter uma base e vamos fazer a conexão de Planta Unificada, já preparar para a conexão Nuvem Unificada.

E2: Temos o projeto do estado futuro de arquitetura, e nós vamos sim a médio e longo prazo alcançar esse objetivo. Então, estamos bem adiantados internamente. Estamos um pouco atrasados em relação a concorrência e aos engarrafadores, nossos parceiros, mas estamos sim em pleno vapor para implementar as ações. A meta é daqui a dois anos nós vamos conectar o SAP com o chão de fábrica, dar um grande passo.

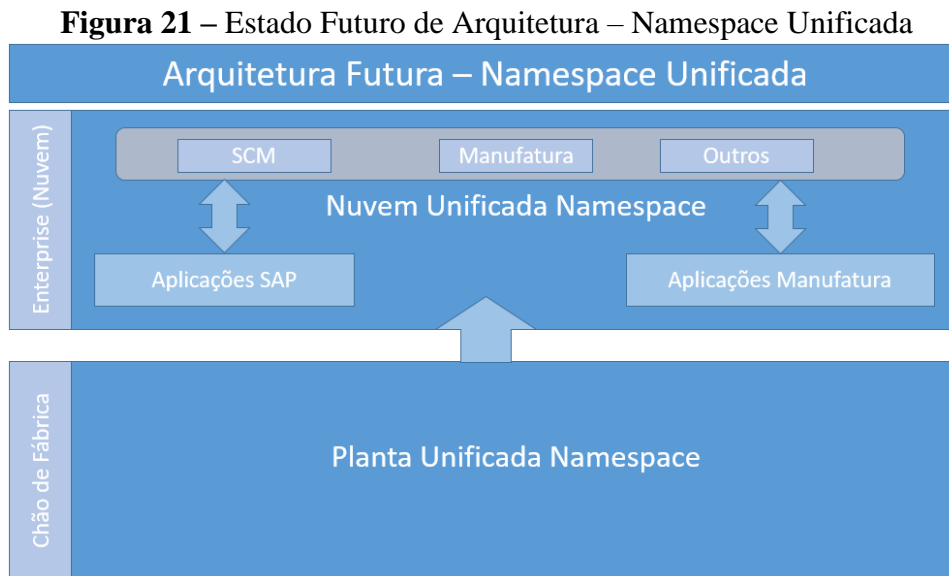
E3: Então, estamos começando e temos um desafio de grande dimensão para alcançar. Por isso a companhia contratou a consultoria, porque a ideia futura é E2E com tudo conectado. A companhia quer saber desde o fornecedor da matéria prima, tipo qual é o estoque dele, e saber dentro dessa comunicação, até o produto final chegando no engarrafador, sabendo as necessidades deles, o que eles precisam. O atual, como está hoje o E2E, a integração da nossa planta com o fornecedor de matéria prima e o nosso engarrafador, temos alguns sistemas, alguns softwares que são utilizados, mas ainda há interfaces.

E4: Existe essa frente de implementação das tecnologias 4.0, que é essa arquitetura, que estamos no início, mas a ideia é chegar lá no topo, na enterprise, na nuvem. Então, essa capacitação do nosso pessoal tá ligado com tudo isso aí, porque quando começarem a implementação, aqueles que estiverem bem capacitados e aprenderem a tecnologia, entenderem essa revolução, é claro, que eles vão ter mais oportunidades.

E5: Como trabalhamos com pessoas de diferentes gerações, tem pessoas que tem mais dificuldade, as mais novas têm mais facilidade para aprender, essa facilidade tem mais facilidade. Mas a nossa geração, mais antiga, é uma que tem mais dificuldade, mas a oportunidade de aprendizado é igual para todos. Aí vai de cada um tomar a iniciativa de aprender e colocar em prática quando aparecer a tecnologia.

De uma forma geral, é possível reconhecer as ações em execução pela empresa para

implementação da Indústria 4.0, a julgar pelos fragmentos “Por exemplo, nessa fábrica nova da expansão, vamos ter uma base e vamos fazer a conexão de Planta Unificada, já preparar para a conexão Nuvem Unificada”, “A meta é daqui a dois anos nós vamos conectar o SAP com o chão de fábrica”, “Por isso a companhia contratou a consultoria, porque a ideia futura é E2E com tudo conectado” e “Então, essa capacitação do nosso pessoal tá ligado com tudo isso aí”.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Na perspectiva tecnológica, a ampla integração da tecnologia na Indústria 4.0, além de aumentar a eficiência de processos, rotinas e sistemas, oferece às empresas novas oportunidades para diferenciar seus produtos e serviços. Ademais, a digitalização também exige das empresas que haja a transformação da sua organização e cultura para que se tornem tão flexíveis e adaptáveis quanto possível. A meta é se tornar uma empresa ágil e de aprendizado, capaz de se adaptar contínua e dinamicamente (SCHUH *et al.*, 2020; DALENOGARE *et al.*, 2018).

Adicionalmente, os entrevistados avaliaram o uso atual de tecnologias da Indústria 4.0 na cadeia de suprimentos, mais especificamente o sistema de gestão de recursos e infraestruturas inteligentes e dispositivos em uso durante todo o processo logístico da empresa, conforme os fragmentos de discurso E1 e E2.

E1: Temos algumas coisas implementadas. Em relação à Logística, temos a rastreabilidade do transporte. Esse é um sistema muito bom em que se consegue ver um produto que está indo para outro estado, ver a posição que ele está, e esse é um sistema que já está integrado e conectado na nuvem. Temos também o sistema Energy Management System (EMS), que é um sistema que já está conectado a nuvem. Essa é uma exceção porque é um projeto global de conexão de informação do chão de fábrica dos nossos medidores de energia elétrica e também dos medidores de água com a nuvem da Schneider. Então, nós temos implementações tecnológicas pontuais

da indústria 4.0, mas não no total, que é a nossa meta. Então, o EMS e o Sistema de Rastreabilidade são exemplos dessas implementações de tecnologia 4.0.

E2: Então, daqui uns cinco anos, a longo prazo, vamos estar praticamente atendendo a todas essas premissas da indústria 4.0: IoT, Big Data, Data Analytics, etc. Para se ter uma ideia, esse sistema que vamos implementar chamado Namespace Unificado, é um sistema que vai receber todas as informações de produção, sensores, equipamentos, e se quiser utilizar essas informações para qualquer coisa, vai ter o acesso. Vamos ter uma pessoa só para ver essas informações e estudar os processos e ver onde podemos melhorar, através dos dados que vão ser enviados. É um sistema muito focado para Data Analytics, Big Data e IoT também. Então, baseado nessa arquitetura nós vamos sim, a médio prazo, chegar nesse objetivo da implementação total da indústria 4.0.

Nesses depoimentos, conforme os fragmentos de E1 e E2: “Então, o EMS e o Sistema de Rastreabilidade são exemplos dessas implementações de tecnologia 4.0” e “Então, daqui uns cinco anos, a longo prazo, vamos estar praticamente atendendo a todas essas premissas da indústria 4.0: IoT, *Big Data*, *Data Analytics*, etc.”, é possível identificar ações de implementação de tecnologias e os investimentos da empresa na Indústria 4.0. Há de se considerar, também, a posição da empresa da adoção da tomada de decisão baseada em dados, conforme pode ser visualizado em outro fragmento do depoimento de E2:

E2: Ao mesmo tempo estamos tomando outras iniciativas, como a parte administrativa que está bem mais informatizada, com controle das ferramentas de gestão e acompanhamento, como Power BI, seguindo aquele fluxo de tomada de decisão baseada em dados, fazendo a tratativa de dados, analisando os dados e realizando planejamento a partir desses dados.

A Indústria 4.0 permite que a tomada de decisão baseada em dados inteligentes seja feita em tempo real, considerando o impacto da decisão na totalidade da cadeia de suprimentos. Isso é alcançado usando internet das coisas (IoT), identificação por radiofrequência (RFID), big data e análise de dados, robótica avançada, computação em nuvem, etc. Portanto, a implementação das tecnologias emergentes proporciona efetividade na tomada de decisão na SCM Inteligente (BENITEZ; AYALA; FRANK, 2020; AHMED; MOHAMED; MENEZES, 2021).

A empresa vem buscando se adequar ao novo conceito de cadeia de suprimentos inteligente. Para tanto, vem investindo ao longo dos anos para otimizar os seus processos logísticos. Os relatos a seguir evidenciam os esforços e o reconhecimento quanto aos investimentos previstos e realizados pela empresa nas tecnologias da Indústria 4.0, como IoT, big data, Inteligência Artificial, etc., conforme os fragmentos de discurso E1 e E2.

E1: É aquilo que falamos, estamos começando a implementar a base aqui no chão de fábrica para poder ter essas tecnologias. Daqui a dois anos já vamos ter muita coisa de IoT conectado, conexão do SAP com o chão de fábrica. Como explicado, já existe indústria 4.0 nas Plantas Farol, em Singapura, na Costa Rica, na Irlanda e em Porto

Rico, nessas quatro fábricas de concentrado, esses investimentos em IoT e Big Data já são realidade; Inteligência Artificial ainda não chegou por lá. Mas, se a fábrica tem IoT e Big Data, ir para Inteligência Artificial é uma questão de tempo.

E2: Nossa planta aqui de Manaus já foi elegível para o Projeto Planta do Futuro. Digamos assim: “a nossa fábrica de Manaus é a bola da vez.” Porque nem todas as plantas vão ter esse nível de tecnologia, porque é dispendioso para a Companhia. A Companhia selecionou as plantas principais, as que tem o maior volume, por exemplo, Manaus e o México também, que vão começar a trabalhar alguma coisa, implementar IoT, fazer essa implementação de algumas tecnologias 4.0. Mas, não são todas as plantas. Se for colocar numa escala, entra as 18 plantas de concentrados da companhia no mundo, nós somos a quarta planta, e já estamos recebendo investimentos em tecnologia 4.0.

Em síntese, considerando as dimensões do modelo de maturidade aplicado e atentando para os depoimentos dos gestores participantes das entrevistas realizadas na pesquisa, foi possível relacionar as ações que já estão em desenvolvimento, bem como os investimentos em curso, visando à implementação da Indústria 4.0 na empresa objeto do estudo de caso, conforme o Quadro 7 a seguir:

**Quadro 7 – Dimensões, ações em desenvolvimento e investimentos em curso em I4.0**

<b>Dimensões</b>	<b>Ações e investimentos – I4.0</b>	<b>Resumo</b>
Conhecimento	<i>Light Houses</i>	Fábricas de concentrados da Companhia que são referência em I4.0.
	<i>Tip of the Day</i>	Reunião entre gestores para discussão de ideias e conselhos visando a I4.0.
	<i>Unit Cases</i>	Estudos de caso da I4.0 que estão sendo replicados na fábrica de Manaus.
Estratégia e Liderança (S&L)	<i>Plant of the Future Project</i>	Projeto de implementação da I4.0 na fábrica de concentrado de Manaus.
	Consultoria Global e Novo Prédio	Consultoria de apoio para a construção da fábrica 4.0 em Manaus.
Funcionários	Programa Digital Academy	Escola de treinamentos digitais para os funcionários da planta de Manaus.
Sistemas de TI	ERP Corporativo SAP	Sistema de Gestão Empresarial utilizado nas fábricas da Companhia.
Produtos Inteligentes	<i>Smart PTU, Power BI, IBP</i>	Ferramentas que se conectam e comunicam dados em uso na planta.
Armazéns Inteligentes	RFID e <i>Schaefer Rack System</i>	Identificação por radiofrequência e prateleiras móveis em uso na planta.
	Transelevadores/Transportadores	Equipamentos de movimentação e armazenagem automática de material em aquisição para a planta de Manaus.
Tecnologias	Nuvem – Sistema EMS e Fourkites	Sistemas na nuvem de Recursos e Rastreabilidade em uso na planta.
	Robótica – Fanuc, Kuka, Robopac, ART e Cobot	Robôs industriais convencionais e colaborativos atuantes na fábrica.
	Automação – AVS, CIP, SICK e VEGATRONIC	Sistemas automatizados de produção industrial presentes na fábrica.
	Namespace Unificada	Estado futuro de Arquitetura de Automação da fábrica de Manaus.
	<i>IoT e Big Data Analytics</i>	Tecnologias da I4.0 previstas para implementação na fábrica de Manaus.

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

## 5 CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi analisar o nível de maturidade da cadeia de suprimentos de uma empresa do subsetor de concentrados para bebidas não alcoólicas do PIM, no contexto da Indústria 4.0. Os resultados apresentados neste trabalho, reunidos a informações como os sistemas que estão sendo utilizados em conexão com a tecnologia de Computação em Nuvem, as soluções de automação e robótica presentes no processo produtivo e o exemplo de ferramentas utilizadas por essa empresa para a gestão de negócios, entre outras, comportam conferir que existe um forte empenho na digitalização dos processos e na condução de planos em direção a SCM inteligente pela empresa local, porém ainda existem potencialidades a serem exploradas na implementação das tecnologias da Indústria 4.0.

Faz-se notar, essencialmente, o sistema de visibilidade em tempo real para a cadeia de suprimentos dessa empresa. Nesse sistema totalmente virtual, os materiais e os produtos são rastreados automaticamente e monitorados em tempo real, possibilitando total visibilidade ao longo do percurso, com acompanhamento da entrega e painéis de rastreamento ao vivo, agilizando a eficiência da cadeia de fornecimento e melhorando o atendimento aos clientes.

Outrossim, destaca-se o avanço tecnológico no processo produtivo dessa empresa, onde, num sistema em nuvem, os recursos de energia elétrica, água e ar comprimido consumidos na fábrica são controlados automaticamente e monitorados em tempo real, com visualização de informações e dados em *dashboards* acessados via navegador. Além disso, a manufatura (manipulação e mistura das matérias primas) e a inspeção do produto, bem como a embalagem do produto final é toda automatizada. Ademais, a limpeza dos equipamentos das linhas de produção também é realizada de forma automática.

Conquanto existam sistemas em nuvem implementados e a área de processo esteja mais avançada, é perceptível que as tecnologias emergentes ainda não estão completamente empregadas no gerenciamento da cadeia de suprimentos dessa empresa, sendo recomendável que investimentos em *Supply Chain Management* (SCM) sejam mais vultuosos e que as ações que estão em desenvolvimento sejam reforçadas e continuadas para que a empresa atinja um nível maior de maturidade dentro do modelo aplicado e encontre-se capaz de enfrentar os desafios da SCM hodierna, cada vez mais dinâmica e conexas à inovação tecnológica.

Tornou-se aparente, igualmente, que as transformações empresariais provocadas pela competitividade global, em especial no mercado de bebidas não alcoólicas, foram decisivas para que essa empresa acelerasse seus projetos de digitalização e implementasse melhores níveis de eficiência das suas operações e processos no âmbito da Indústria 4.0, dado isso o



aperfeiçoamento do acompanhamento das atividades ligadas à cadeia de suprimentos, incrementação da atuação da automação e robótica na manufatura, ampliação do uso de ferramentas de gestão e fortalecimento da prática da tomada de decisões baseada em dados, entre outras ações da empresa. Uma evidência do esforço digital dessa empresa é a realização de ações de capacitação – a fábrica local possui 284 funcionários, sendo que 97% desses estão participando frequentemente de treinamentos digitais relacionados a tecnologias da I4.0.

Destarte, ficou perceptível que essa empresa, tanto em seus sistemas digitais quanto em sua infraestrutura física, ainda apresenta baixo grau de interação com as tecnologias inteligentes da Indústria 4.0, embora iniciativas e projetos relevantes tenham sido apresentados, neste contexto, para serem implementados futuramente. Uma limitação do estudo é pelo fato de ter sido realizado em apenas uma única empresa. Sugerindo-se para futuras pesquisas, a ampliação da sua aplicação junto a outras empresas locais dos demais subsetores, como medida de avaliação da maturidade na implementação de tecnologias emergentes da Indústria 4.0 no Polo Industrial de Manaus, especialmente em relação ao aspecto da SCM Inteligente.

Outro fator limitante neste trabalho foi a dificuldade para realização da entrevista com a empresa objeto do estudo de caso. Houve o adiamento da entrevista pela empresa em duas ocasiões, alegando questões internas, sendo realizada a entrevista na terceira ocasião. Não foi permitida a entrada na fábrica com celular, por isso, na gravação das entrevistas, foi utilizado um aparelho do setor de recursos humanos, o que acarretou demora na autorização da disponibilização do conteúdo gravado, devido a políticas internas da empresa.

## **6 CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO**

### **6.1 CONTRIBUIÇÕES ACADÊMICAS**

A análise do nível de maturidade da cadeia de suprimentos de uma empresa do subsetor de concentrados para bebidas não alcoólicas do PIM, que foi o objetivo deste trabalho, ao apresentar os principais conceitos da Indústria 4.0 e de suas tecnologias relacionadas, bem como da cadeia de suprimentos inteligente, presta contribuição à área acadêmica por abordar um tema inovador que estará certamente mais em proeminência nos próximos anos, perante as pujantes transformações, nos padrões da sociedade e do consumo, impulsionadas pela revolução digital hodiernamente. Outro fator de contribuição se refere à possível utilização do modelo aplicado, por outros pesquisadores, para mapear os estágios de maturidade das empresas dos demais subsetores do PIM.

### **6.2 CONTRIBUIÇÕES ECONÔMICAS**

A contribuição econômica desta pesquisa está no campo da ampliação do conhecimento sobre o gerenciamento de uma indústria local, maior visibilidade da implantação de seus projetos de inovação tecnológica, como isso já está evoluindo nas operações e processos fabris e deverá majorar o desempenho da cadeia de suprimentos da empresa. Ao mesmo tempo, a partir da divulgação dos resultados deste trabalho, é possível estimular o desenvolvimento da cadeia de suprimentos, principalmente local, ao incentivar o investimento e a implementação das tecnologias da Indústria 4.0 no PIM.

### **6.3 CONTRIBUIÇÕES SOCIAIS**

Como contribuição social, este trabalho trouxe, ainda que de forma superficial, reflexão sobre os desafios de qualificação profissional, dentro dos conceitos e das necessidades da Indústria 4.0, que foram introduzidos para os trabalhadores, sendo, também, extensível para a empresa, posto que esta última se torna a principal responsável pelo treinamento e desenvolvimento das competências de seus colaboradores. Além disso, por se tratar de um estudo numa indústria de fabricação de concentrados, que usa, na produção açúcar cristal, extrato de guaraná e o álcool neutro de origem regional, este trabalho contribuiu, consequentemente, para a melhoria da cadeia de suprimentos de matéria-prima local.

## REFERÊNCIAS

- ABDEL-BASSET, M.; MANOGARAN, G.; MOHAMED, M. Internet of Things (IoT) and its impact on supply chain: A framework for building smart, secure and efficient systems. **Future Generation Computer Systems**, v. 86, n. 9, p. 614-628, 2018.
- AHMED H.A.; MOHAMED, B.C.; MENEZES, T.A. Interplaying of food supply chain resilience, industry 4.0 and sustainability in the poultry Market. **Computer Aided Chemical Engineering**, v. 50, p 1815-1820, 2021.
- ARDITO, L. *et al.* Towards Industry 4.0: Mapping digital technologies for supply chain management-marketing integration. **Business Process Management Journal**, 2018. doi: 10.1108/BPMJ-04-2017-0088.
- ASDECKER, B.; FELCH, V. Development of an Industry 4.0 maturity model for the delivery process in supply chains. **Journal of Modelling in Management**, v. 13, n. 4, p. 840-883, 2018.
- BAGNI, G.; MARÇOLA, J. A. Avaliação da maturidade do processo de S&OP em uma empresa de material de escrita: um estudo de caso. **Gestão & Produção**, v. 26, n. 1, 2019.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BARTODZIEJ, C. J. O conceito Indústria 4.0. *In: The Concept Industry 4.0*. BestMasters. Springer Gabler, Wiesbaden, 2017. doi: 10.1007/978-3-658-16502-4\_3.
- BASSETO, A. L. C. **Maturity model for analysis of industries in the context of Industry 4.0**. 2019. 184 p. Thesis (Master's Degree in Production Engineering) - Graduate Program in Production Engineering, Federal University of Technology - Paraná. Ponta Grossa, 2019.
- BÁNYAI, T. *et al.* Optimization of Municipal Waste Collection Routing: Impact of Industry 4.0 Technologies on Environmental Awareness and Sustainability. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, p. 1-26, 2019.
- BENITEZ, G. B.; AYALA, N. F.; FRANK, A. G. Ecosistemas de inovação da indústria 4.0: Uma perspectiva evolucionária sobre co-criação de valor. **International Journal of Production Economics**, 228, p.107735, 2020.
- BIENHAUS, F.; HADDUD, A. Procurement 4.0: factors influencing the digitization of procurement and supply chains. **Business Process Management Journal**, 2018. doi: 10.1108/BPMJ-06-2017-0139.
- BUSSAB, W. O; MORETTIN, P. A. **Estatística Básica**. São Paulo: Saraiva, 2010.
- CHEN, R. Y. An intelligent value stream-based approach to collaboration of food traceability cyber physical system by fog computing. **Food Control**, v. 71, p. 124-136, 2017.
- CHIZZOTTI, A. **Pesquisa em ciências humanas e sociais**. Editora Cortez, 2018.

CHONG, S. *et al.* Integration of 3D Printing and Industry 4.0 into Engineering Teaching. **Sustainability (Switzerland)**, v. 10, p. 1-13, 2018.

CIOFFI, R. *et al.* Artificial intelligence and machine learning applications in smart production: Progress, trends, and directions. **Sustainability**, v. 12, n. 2, p. 492, 2020.

COOPER, D. R.; SCHINDLER, P. S. **Métodos de Pesquisa em Administração**. 12. ed. McGraw Hill Brasil, 2016.

CORREIA, D. M.; TEIXEIRA, L.; MARQUES, J. L. Smart supply chain management: The 5W1H open and collaborative framework. *In: 2021 IEEE 8th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA)*. IEEE, 2021. p. 401-405.

CRAVO, M. Indústria 4.0: Cadeia de suprimentos inteligente: entenda aqui este novo conceito e seus benefícios. **Industria4.0**, 2019. Disponível em: <https://www.industria40.ind.br/artigo/18160-cadeia-de-suprimentos-inteligente-entenda-aqui-este-novo-conceito-e-seus-beneficios>. Acesso em: 30 maio 2021.

CRESPO, A. A. **Estatística fácil**. São Paulo: Saraiva, 2017.

CRESWELL, J. W.; CRESWELL, J. D. **Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches**. California: SAGE, 2018. ISBN 978-1-5063-8670-6.

COUNCIL OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PROFESSIONALS (CSCMP). Terms and Glossary. **CSCMP**, 2013. Disponível em [https://cscmp.org/CSCMP/Academia/SCM\\_Definitions\\_and\\_Glossary\\_of\\_Terms/CSCMP/Educate/SCM\\_Definitions\\_and\\_Glossary\\_of\\_Terms.aspx](https://cscmp.org/CSCMP/Academia/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx). Acesso em: 05 abr. 2021.

DALENOGARE, L. S. *et al.* The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. **Int. J. Prod. Econ.**, v. 204, p. 383–394, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.08.019>. Acesso em: 28 jun. 2021.

DA SILVA, I. A. Análise dos desafios de aplicação de modelos de maturidade para implantação da indústria 4.0: estudo de casos múltiplos. Dissertação (Mestrado em Sistemas Mecatrônicos) - Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2020.

DE CARVALHO, G.G.; TIOSSO, F.; REIS, H.M. INDÚSTRIA 4.0: adoção de tecnologias como fator de competitividade. **Revista Interface Tecnológica**, [S. l.], v. 17, n. 2, p. 256-268, 2020. DOI: 10.31510/infa.v17i2.980. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/980>. Acesso em: 30 maio 2021.

DE OLIVEIRA F.T; SIMÕES W.L. **A indústria 4.0 e a produção no contexto dos estudantes da engenharia**. Simpósio de Engenharia de Produção, Brasil. 2017.

DOSSOU, P. E. Impact of Sustainability on the supply chain 4.0 performance. **Procedia Manufacturing**, v. 17, p. 452-459, 2018.

- EFING, A. C.; TAMIOZZO, H. C. Resenha: “A quarta revolução industrial”, de Klaus Schwab. **Revista de Direito Econômico e Socioambiental**, Curitiba, v. 11, n. 1, p. 308-312, jan/abr. 2020. doi: 10.7213/rev.dir.econ.soc.v11i1.27751.
- FARBER, L.; LARSON, R. **Estatística Aplicada**. 4. ed. São Paulo: Pearson, 2010.
- FACCHINI, F. *et al.* Um modelo de maturidade para logística 4.0: uma análise empírica e um roteiro para pesquisas futuras. **Sustentabilidade**, v. 12, p. 86, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su12010086>. Acesso em: 11 jul. 2021.
- FATORACHIAN, H.; KAZEMI, H. A critical investigation of Industry 4.0 in manufacturing: theoretical operationalization framework, **Production Planning & Control**, 2018. Doi: 10.1080/09537287.2018.1424960.
- FATORACHIAN, H.; KAZEMI, H. Impact of Industry 4.0 on supply chain performance. **Production Planning and Control**, 2020. ISSN 0953-7287. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1712487>. Acesso em: 26 jun. 2021.
- FRANK, A. G.; DALENOGARE, L. S.; AYALA, N. F. Industry 4.0 technologies: implementation patterns in manufacturing companies, **International Journal of Production Economics**, in press. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.01.004>. Acesso em: 26 jun. 2021.
- FRANK, A. G. *et al.* Servitization and Industry 4.0 convergence in the digital transformation of product firms: a business model innovation perspective. **Technological Forecasting and Social Change**, in press, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.01.014>. Acesso em: 26 jun. 2021.
- FREDERICO, G. F. *et al.* Supply Chain 4.0: concepts, maturity and research agenda. **Supply Chain Manag. An Int. J.**, v. 25, p. 262–282, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/SCM-09-2018-0339>. Acesso em: 28 jun. 2021.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- GUO, Z. X. *et al.* An RFID-based intelligent decision support system architecture for production monitoring and scheduling in a distributed manufacturing environment. **Int J Prod Econ**, v. 159, p. 16-28, 2015.
- HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. **Design Principles for Industrie 4.0**. Scenarios: A Literature Review. 2015. Disponível em: [http://www.snom.mb.tudortmund.de/cms/de/forschung/Arbeitsberichte/Design-Principles-for-Industrie-4\\_0-Scenarios.pdf](http://www.snom.mb.tudortmund.de/cms/de/forschung/Arbeitsberichte/Design-Principles-for-Industrie-4_0-Scenarios.pdf). Acesso em: 25 maio 2021.
- IVANOV, D.; DOLGUI, A.; SOKOLOV, B. The impact of digital technology and Industry 4.0 on the ripple effect and supply chain risk analytics, **International Journal of Production Research**, 2018. Doi: 10.1080/00207543.2018.1488086.
- JOHNSON, R. B., ONWUEGBUZIE, A. J., & TURNER, L. A. Toward a definition of mixed methods research. *Journal of Mixed Methods Research*, v. 1, n. 2, p. 112– 133, 2007.

- KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. **Recomendações para a implementação da iniciativa estratégica Industrie 4.0**: relatório final do grupo de trabalho Industrie 4.0. Frankfurt/Main: Communication Promoters Group da Industry-Science Research Alliance, Acatech, 2013.
- KOCH, P. J. *et al.* A skill-based robot co-worker for industrial maintenance tasks. **Procedia Manufacturing**, v. 11, p. 83-90, 2017.
- MANAVALAN, E.; JAYAKRISHNA, K. A review of Internet of Things (IoT) embedded sustainable supply chain for industry 4.0 requirements. **Computers & Industrial Engineering**, v. 127, p. 925-953, 2019.
- MANCUSO, A. C. B. *et al.* Estatística descritiva: Perguntas que você sempre quis fazer, mas nunca teve coragem. **Clinical & Biomedical Research**, v. 38, n. 4, 2018.
- MIGUEL, P. A. C. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.
- MITTAL, S. *et al.* Uma revisão crítica da manufatura inteligente e modelos de maturidade da Indústria 4.0: Implicações para pequenas e médias empresas (PMEs). **Journal of Manufacturing Systems**, v. 49, p. 194-214, 2018.
- NEOGRID. Tecnologia Cadeia de suprimentos 4.0: quais são os impactos e tendências? fev.2021. Disponível em: <https://neogrid.com/br/blog/cadeia-de-suprimentos-4-0-quais-sao-os-impactos-e-tendencias>. Acesso em: 30 maio 2021.
- SAATY, T. L. A hierarquia analítica e os processos de medição da rede analítica: Aplicações às decisões sob risco. **Eur. J. of Pure App. Math.** v. 1, n. 1, p. 122-196, 2008. Disponível em: <https://www.ejpam.com/index.php/ejpam/article/view/6>. Acesso em: 11 jul. 2021.
- SAKURAI, R.; ZUCHI, J. D. As revoluções industriais até a indústria 4.0. **Revista Interface Tecnológica**, v. 15, n. 2, p. 480-491, 2018. doi: 10.31510/infa.v15i2.386. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/386>. Acesso em: 17 maio 2021.
- SAUCEDO-MARTÍNEZ, J.A. *et al.* Industry 4.0 framework for management and operations: a review. **Journal of ambient intelligence and humanized computing**, v. 9, p. 789-801, 2018.
- SCHUMACHER, A.; EROL, S.; SIHN, W. Um modelo de maturidade para avaliar a prontidão e maturidade da Indústria 4.0 de empresas de manufatura. **Procedia Cirp**, v. 52, p. 161-166, 2016.
- SCHWAB, K. **The fourth industrial revolution**. 1. ed. World Economic Forum, 2016.
- SCHUH, G. *et al.* **Industrie 4.0, 2020**. Maturity Index. Managing the Digital Transformation of Companies – UPDATE, 2020.
- SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. Editora Cortez, 2017.

- SILVA, M. C. D. *et al.* Metodologia científica para as ciências sociais aplicadas: análises críticas sobre métodos e tipologias de pesquisas e destaque de contribuições de Marx, Weber e Durkheim. **Revista Científica Hermes**, n. 13, p. 159-179, jan. 2015.
- SILVA JUNIOR, S. D.; COSTA, F. J. Mensuração e Escalas de Verificação: uma Análise Comparativa das Escalas de Likert e Phrase Completion. PMKT – **Revista Brasileira de Pesquisas de Marketing, Opinião e Mídia**, São Paulo, Brasil, v. 15, p. 1-16, out. 2014.
- SILVEIRA, C. B. 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: 17 maio 2021.
- SOUSA, J. V. *et al.* Uso do AHP para identificação de perdas da qualidade em empresas de manufatura: um estudo de caso. **Exacta**, São Paulo, v. 15, n. 1, p. 89-100, 2017.
- SOUZA, P. H. M.; JUNIOR, S. J. C.; NETO, G. G. D. **Indústria 4.0**: Contribuições para setor produtivo moderno. Joinville: Enegep, 2017. Disponível em: [https://abepro.org.br/biblioteca/TN\\_WIC\\_238\\_384\\_34537.pdf](https://abepro.org.br/biblioteca/TN_WIC_238_384_34537.pdf). Acesso em: 30 maio 2021.
- SOUSA, R. Terceira Revolução Industrial. **Brasil Escola**, c2023. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/terceira-revolucao-industrial.htm>. Acesso em: 17 maio 2021.
- SUFRAMA. Indústria. **gov.br**, c2023. Disponível em: <https://www.gov.br/suframa/pt-br/zfm/industria>. Acesso em: 29 jun. 2021.
- SUNDARAKANI, B. *et al.* Designing a hybrid cloud for a supply chain network of Industry 4.0: a theoretical framework. **Benchmarking: An International Journal**, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1108/BIJ-04-2018-0109>.
- EQUIPE TOTVS. Indústria 4.0: Cadeia de suprimentos inteligente: conheça os benefícios. **TOTVS**, 2018. Disponível em: <https://www.totvs.com/blog/gestao-industrial/cadeia-de-suprimentos-inteligente>. Acesso em: 30 maio 2021.
- TURRIONI J.B.; MELLO C.H. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Itajubá. Itajubá: UNIFEI, 2012.
- VAIDYA, S.; AMBAD, P.; BHOSLE, S. Industry 4.0—a glimpse. **Procedia manufacturing**, v. 20, p. 233-238, 2018.
- VASS, T.; SHEE, H.; MIAH, S. The effect of “Internet of Things” on supply chain integration and performance: An organizational capability perspective. **Australasian Journal of Information Systems**, v. 22, p. 1-29, 2018.
- VENTURELLI, M. Indústria 4.0: Maturidade para Indústria 4.0: avaliação qualitativa e quantitativa para implantação da digitalização. **Industria4.0**, 2020. Disponível em: <https://www.industria40.ind.br/artigo/19931-maturidade-para-industria-40-avaliacao->

quantitativa-e-qualitativa-do-nivel-de-tecnologia-gestao-e-pessoas-para-implantacao-da-digitalizacao. Acesso em: 26 maio 2021.

VENTURELLI, M. Indústria 4.0: Uma Visão da Automação Industrial. **Automação Industrial**, 2017. Disponível em: <https://www.automacaoindustrial.info/industria-4-0-uma-visao-da-automacao-industrial>. Acesso em: 14 maio 2021.

WASCHULL, S. *et al.* Work design in future industrial production: Transforming towards cyberphysical systems. **Computers & Industrial Engineering**, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.01.053>.

WU, L. *et al.* Smart supply chain management: a review and implications for future research. **The International Journal of Logistics Management**, v. 27, n. 2, p. 395-417, 2016. doi: 10.1108/IJLM-02-2014-0035.

XU, L. D.; XU, E. L.; LI, L. Industry 4.0: state of the art and future trends. **International Journal of Production Research**, v. 56, n. 8, p. 2941-2962, 2018.

YIN, R.K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. Porto Alegre: Bookman, 2015.

ZHANG, Y.; ZHU, Z.; LV, J. CPS-based smart control model for shop floor material handling. **IEEE Transactions on Industrial Informatics**, v. 14, n. 4, p. 1764-1775, 2017.

ZHONG, R. Y. *et al.* Big Data para a gestão da cadeia de abastecimento nos setores de serviço e manufatura: desafios, oportunidades e perspectivas futuras. **Computadores e Engenharia Industrial**, v. 101, n. 2016, p. 572-591, 2016.

ZHONG, R. Y. *et al.* Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: a review. **Engineering**, v. 3, n. 5, p. 616-630, 2017.



## APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO

Questionário para avaliação dos Itens da pesquisa e preenchimento com atribuição de valores: não inibindo = 5; não muito inibidor = 4; inibidor = 3; inibição suficiente = 2; muito inibidor = 1.								
Data da realização da pesquisa:						Legenda:	Itens da pesquisa	
Posição atual do responsável por responder a pesquisa:							Questionário - detalhamento dos itens p/ avaliação	
Área de Gestão do responsável por responder a pesquisa:							Atribuir valores - Coluna para preenchimento	
Macrodimensões	Dimensões	Itens	AHP	Questionário	Atribuir Valores	Média Ponderada	Nível de Maturidade	
Gestão			Peso	Avalie o grau de importância relacionado a dimensão Conhecimento: não inibindo = 5; não muito inibidor = 4; inibidor = 3; inibição suficiente = 2; muito inibidor = 1	Pontuação	Cálculo	Ignorando → 1, Definindo → (1; 2], Adotando → (2; 3], Gerenciando → (3; 4], Integrado → 5.	
	Conhecimento	Percepção de Adoção	3	Percepção da adoção do paradigma Logística 4.0				
		Dinâmica de Desenvolvimento	3,3	Posição da empresa em relação à adoção do paradigma indústria 4.0				
		Posição Competitiva	3,2	Posição da empresa sobre a adoção do paradigma indústria 4.0 em relação aos concorrentes				
	Estratégia e Liderança	Impactos		Peso	Avalie o grau, relacionado a dimensão Estratégia e Liderança, que a Logística 4.0 pode impactar os objetivos a seguir: não inibindo = 5; não muito inibidor = 4; inibidor = 3; inibição suficiente = 2; muito inibidor = 1	Pontuação	Cálculo	Ignorando → 1, Definindo → (1; 2], Adotando → (2; 3], Gerenciando → (3; 4], Integrado → 5.
				3,8	Melhorar a produtividade do armazém			
				3,8	Reduzir custos de processos internos do armazém			
				3,8	Reduzir custos de fornecimento			
				3,8	Reduzir custos de distribuição de transporte			
				3,8	Reduzir o nível de estoque			
				3,8	Melhorar a pontualidade (para o cliente)			
				3,8	Melhorar a confiabilidade das entregas			
				3,8	Melhorar a precisão na previsão da demanda			
			3,8	Melhorar a condição de trabalho dos empregados				
		Obstáculos		Peso	Avalie o grau, relacionado a dimensão Estratégia e Liderança, dos obstáculos mais inibidores para a Logística 4.0: não inibindo = 5; não muito inibidor = 4; inibidor = 3; inibição suficiente = 2; muito inibidor = 1	Pontuação		
			3,5	Investimento necessário para a aquisição de tecnologias de habilitação				
	3,5		Investimento necessário para desenvolver competências adequadas					
		3,5	Longo período de retorno (pay back)					
		3,5	Limitações das infraestruturas endógenas que permitem (por exemplo, falta de sistemas de TI) e/ou externas (por exemplo, largura de banda de conexão limitada à Internet)					
		3,5	Ausência e/ou dificuldade em encontrar provedores de tecnologia adequados					
		3,5	Redução da consciência corporativa do paradigma 4.0 e dificuldade em estimar os benefícios na área logística					
		Peso	Avalie o grau de importância relacionado as dimensões Empregados, Sistemas de TI e Produtos Inteligentes: não inibindo = 5; não muito inibidor = 4; inibidor = 3; inibição suficiente = 2; muito inibidor = 1	Pontuação	Cálculo	Ignorando → 1, Definindo → (1; 2], Adotando → (2; 3], Gerenciando → (3; 4], Integrado → 5.		
Empregados	Habilidades	3,4	Iniciativas desenvolvidas (ou em andamento) para reconfigurar as habilidades dos trabalhadores no paradigma Logística 4.0					
Sistemas de TI	Adoção	3,9	Sistemas de TI adotados pela empresa, como ERP, WMS, CRM					
Produtos Inteligentes	Dispositivos	3,7	Tecnologia utilizada para rastreabilidade e identificação automática de mercadorias, como RFID ou RTLS					
Fluxo de Material e Informação			Peso	Avalie o grau de importância relacionado a dimensão Armazéns Inteligentes - Itens Instalações e Equipamentos: não inibindo = 5; não muito inibidor = 4; inibidor = 3; inibição suficiente = 2; muito inibidor = 1	Pontuação	Cálculo	Ignorando → 1, Definindo → (1; 2], Adotando → (2; 3], Gerenciando → (3; 4], Integrado → 5.	
	Armazéns Inteligentes	Instalações de Armazenamento	3,9	Automação e robotização do armazém da empresa				
		Equipamentos de Armazém	3,8	Utilização de transelevadores para paletes e/ou transportadores para ligar as diferentes áreas do armazém				
		Impactos		Peso	Avalie o grau que a automação/robotização do armazém causa impacto na operação Logística da empresa: não inibindo = 5; não muito inibidor = 4; inibidor = 3; inibição suficiente = 2; muito inibidor = 1	Pontuação		
				3,8	Facilita o embarque e desembarque de mercadorias			
				3,8	Facilita a movimentação dos produtos e sua localização nas prateleiras			
				3,8	Otimiza o fluxo de materiais e pessoas nas instalações da empresa			
	Obstáculos		Peso	Avalie o grau dos obstáculos mais inibidores para o Armazém Inteligente: não inibindo = 5; não muito inibidor = 4; inibidor = 3; inibição suficiente = 2; muito inibidor = 1	Pontuação			
			3,5	Necessidade de alta conectividade para maior capacidade de processamento de dados				
			3,5	Confiabilidade das informações vinculadas a cada produto				
			3,5	Precisão no controle do fluxo de materiais				
	Tecnologias		Peso	Avalie o grau de importância relacionado a dimensão Tecnologias: não inibindo = 5; não muito inibidor = 4; inibidor = 3; inibição suficiente = 2; muito inibidor = 1	Pontuação	Cálculo	Ignorando → 1, Definindo → (1; 2], Adotando → (2; 3], Gerenciando → (3; 4], Integrado → 5.	
Conhecimento		3,3	Propensão da empresa para a Indústria 4.0 e Logística 4.0, ou seja, o conhecimento, percepção e desenvolvimento dinâmico da empresa em relação às questões gerais abordadas					
Relevância Tecnológica		3,8	Uso atual de tecnologias da Indústria 4.0, ou seja, sistema de gestão de recursos e infraestruturas inteligentes e dispositivos em uso durante todo o processo logístico da empresa					
Posição de Adoção		3,9	Investimentos previstos pela empresa nas tecnologias da Indústria 4.0, como IoT, big data, Inteligência Artificial, etc					
	Investimentos	4	Investimentos realizados pela empresa nas tecnologias da Indústria 4.0, como IoT, big data, Inteligência Artificial, etc					

### **Orientação repassada aos respondentes do questionário:**

– Responda ao questionário de acordo com o escopo e a extensão de implementação dos conceitos e das tecnologias relacionadas à Indústria 4.0 em sua empresa, escolhendo, para cada questão, uma das respostas indicadas, de acordo com a adaptação feita na escala de pontuação Likert: não inibindo = 5; não muito inibidor = 4; inibidor = 3; inibição suficiente = 2; muito inibidor = 1.

A seguir, a descrição do Questionário aplicado aos respondentes da empresa participantes desta pesquisa.

1. Dimensão Conhecimento
  - a. Percepção de Adoção
  - b. Dinâmica de Desenvolvimento
  - c. Posição Competitiva
  
2. Dimensão Estratégia e Liderança (S&L)
  - Impactos
    - a. Melhorar a produtividade do armazém
    - b. Reduzir custos de processos internos do armazém
    - c. Reduzir custos de fornecimento
    - d. Reduzir custos de distribuição de transporte
    - e. Reduzir o nível de estoque
    - f. Melhorar a pontualidade (para o cliente)
    - g. Melhorar a confiabilidade das entregas
    - h. Melhorar a precisão na previsão da demanda
    - i. Melhorar a condição de trabalho dos empregados
  - Obstáculos
    - j. Investimento necessário para a aquisição de tecnologias de habilitação
    - k. Investimento necessário para desenvolver competências adequadas
    - l. Longo período de retorno (payback)
    - m. Limitações das infraestruturas endógenas (p. ex. falta de sistemas de TI) e/ou externas (p. ex., largura de banda de conexão limitada)
    - n. Ausência e/ou dificuldade em encontrar provedores de tecnologia adequados
    - o. Consciência corporativa 4.0 e dificuldade em estimar os benefícios na logística

3. Dimensão Funcionários
  - a. Habilidades dos trabalhadores no paradigma Logística 4.0
  
4. Dimensão Sistemas de TI
  - a. Adoção de Sistemas de TI pela empresa
  
5. Dimensão Produtos Inteligentes
  - a. Uso de dispositivo para rastreabilidade e identificação automática de mercadorias
  
6. Dimensão Armazéns Inteligentes
  - a. Instalações de Armazenamento
  - b. Equipamentos de Armazém

Impactos

  - c. Facilita o embarque e desembarque de mercadorias
  - d. Facilita a movimentação dos produtos e sua localização nas prateleiras
  - e. Otimiza o fluxo de materiais e pessoas nas instalações da empresa

Obstáculos

  - f. Necessidade de alta conectividade para maior capacidade de processamento de dados
  - g. Confiabilidade das informações vinculadas a cada produto
  - h. Precisão no controle do fluxo de materiais
  
7. Dimensão Tecnologia
  - a. Conhecimento da empresa em relação às questões gerais abordadas
  - b. Relevância Tecnológica – Uso atual de tecnologias da Indústria 4.0
  - c. Posição de Adoção – Investimentos previstos nas tecnologias da Indústria 4.0
  - d. Investimentos realizados pela empresa nas tecnologias da Indústria 4.0

## APÊNDICE B – ROTEIRO ESTRUTURADO PARA ENTREVISTAS

Roteiro estruturado			
Data da realização da pesquisa:			
Posição atual do responsável por responder a pesquisa:			
Área de Gestão do responsável por responder a pesquisa:			
Macrodimensões	Dimensões	Itens	Perguntas da entrevista
Gestão	Conhecimento	Percepção de Adoção	Qual é a sua percepção da adoção do paradigma Logística 4.0?
		Dinâmica de Desenvolvimento	Como você definiria a posição da empresa em relação à adoção do paradigma indústria 4.0?
		Posição Competitiva	Como você definiria a posição da empresa sobre a adoção do paradigma indústria 4.0 em relação aos concorrentes?
	Estratégia e Liderança	Impactos	Como você avalia que a Logística 4.0 pode impactar o desempenho e os objetivos da empresa?
		Obstáculos	Quais você avalia que são os obstáculos mais inibidores para a aplicação do paradigma Logística 4.0 na sua empresa?
	Empregados	Habilidades	Quais iniciativas foram desenvolvidas (ou estão em andamento) para reconfigurar as habilidades dos trabalhadores no paradigma Logística 4.0?
	Sistemas de TI	Adoção	Quais sistemas de TI são adotados pela empresa: ERP, WMS, CRM?
Produtos Inteligentes	Dispositivos	Qual tecnologia é utilizada para rastreabilidade e identificação automática de mercadorias, como RFID ou RTLS?	
Fluxo de Material e Informação	Armazéns Inteligentes	Instalações de Armazenamento	Existe automação e robotização do armazém da empresa?
		Equipamentos de Armazém	São utilizados transelevadores para paletes e/ou transportadores para ligar as diferentes áreas do armazém?
		Impactos	Como a automação/robotização do armazém causa impacto na operação Logística da empresa?
		Obstáculos	Quais são os obstáculos mais inibidores para o Armazém Inteligente e porquê?
	Tecnologias	Conhecimento	Qual a propensão da empresa para a Indústria 4.0 e Logística 4.0, ou seja, o conhecimento, percepção e desenvolvimento dinâmico da empresa em relação às questões gerais abordadas?
		Relevância Tecnológica	Como está o uso atual de tecnologias da Indústria 4.0, ou seja, sistema de gestão de recursos e infraestruturas inteligentes e dispositivos em uso durante todo o processo logístico?
Posição de Adoção e Investimentos		Quais investimentos estão realizados ou previstos pela empresa nas tecnologias da Indústria 4.0, como IoT, big data, Inteligência Artificial, etc?	

A seguir, a descrição do Roteiro aplicado aos respondentes da empresa participantes desta pesquisa.

1. Qual é a sua percepção da adoção do paradigma Logística 4.0?
2. Como você definiria a posição da empresa em relação à adoção do paradigma Indústria 4.0?
3. Como você definiria a posição da empresa sobre a adoção do paradigma Indústria 4.0 em relação aos concorrentes?
4. Como você avalia que a Logística 4.0 pode impactar o desempenho e os objetivos da empresa?
5. Quais você avalia que são os obstáculos mais inibidores para a aplicação do paradigma Logística 4.0 na sua empresa?
6. Quais iniciativas foram desenvolvidas (ou estão em andamento) para reconfigurar as habilidades dos trabalhadores no paradigma Logística 4.0?
7. Quais sistemas de TI são adotados pela empresa: ERP, WMS, CRM?
8. Qual tecnologia é utilizada para rastreabilidade e identificação automática de mercadorias, como RFID ou RTLS?
9. Existe automação e robotização do armazém da empresa?
10. São utilizados transelevadores para paletes e/ou transportadores para ligar as diferentes áreas do armazém?
11. Como a automação/robotização do armazém causa impacto na operação Logística da empresa?
12. Quais são os obstáculos mais inibidores para o Armazém Inteligente e porquê?
13. Qual a propensão da empresa para a Indústria 4.0 e Logística 4.0, ou seja, o conhecimento, percepção e desenvolvimento dinâmico da empresa em relação às questões gerais abordadas?
14. Como está o uso atual de tecnologias da Indústria 4.0, ou seja, sistema de gestão de recursos e infraestruturas inteligentes e dispositivos em uso durante todo o processo logístico?
15. Quais investimentos foram realizados pela empresa, ou estão previstos, nas tecnologias da Indústria 4.0, como IoT, big data, Inteligência Artificial, etc.?