

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

Miriam Maristela Reis Moraes¹

<https://orcid.org/0009-0005-2472-5772>

Armando Araújo de Souza Júnior²

<https://orcid.org/0000-0003-2950-1434>

RESUMO

No tempo atual as indústrias vivem a transformação digital com o advento da 4ª Revolução Industrial também chamada de Indústria 4.0. 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 para criar diferentes soluções às necessidades das empresas. Desta forma, a Indústria 4.0 é considerada como um novo estágio de maturidade das empresas. Neste sentido, este trabalho tem como objetivo principal a medição do nível de maturidade em relação as tecnologias da Indústria 4.0 na cadeia de suprimentos de uma empresa. Para tanto, foi realizado um estudo de caso numa fábrica, do subsetor de concentrados para bebidas não alcoólicas, do Polo Industrial de Manaus. Trata-se de uma 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, para aplicação no estudo de caso, o Modelo de Maturidade para Logística 4.0, baseado em 07 dimensões proposto por Facchini (2020). O modelo selecionado tem foco na identificação do nível de maturidade da empresa na implementação das tecnologias da Indústria 4.0 em seus processos logísticos. O resultado da aplicação do modelo escolhido indicou forte integração entre a gestão, o fluxo de material e o fluxo de informação da empresa participante e apontou soluções avançadas implementadas que melhoraram toda a rede de fornecimento (logística *inbound*) e de distribuição (logística *outbound*), sendo observados potenciais pontos de melhoria nas suas operações no que se refere à transição para a Logística 4.0. A avaliação do 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, com relação a Logística Inteligente. O estudo refletiu as ações em desenvolvimento e os investimentos em andamento na empresa participante, na busca em alcançar inteligência na Gestão da Cadeia de Suprimentos.

Palavras-chave

Indústria 4.0; Cadeia de Suprimentos Inteligente; Modelo de Maturidade.

1 Mestranda em Engenharia da Produção pela Universidade Federal do Amazonas, miriammaristela2023@gmail.com

2 Professor Doutor Adjunto do Departamento de Administração da Faculdade de Estudos Sociais da Universidade Federal do Amazonas e Professor/Orientador do Programa de Mestrado Profissionalizante em Engenharia de Produção - PPGEP/UFAM, armandoaraujo@ufam.edu.br



INTELLIGENT SUPPLY CHAIN: CASE STUDY IN A COMPANY OF THE SUBSECTOR OF CONCENTRATES FOR NON-ALCOHOLIC BEVERAGES OF THE INDUSTRIAL POLE OF MANAUS

ABSTRACT

At the present time, industries are experiencing digital transformation with the advent of the 4th Industrial Revolution, also called Industry 4.0. Although Industry 4.0 started as an industrial policy, the new technologies of Industry 4.0 can be implemented in a practical way to create different solutions to the needs of companies. In this way, Industry 4.0 is considered as a new stage of maturity for companies. In this sense, this work has as main objective the measurement of the level of maturity in relation to Industry 4.0 technologies in the supply chain of a company. For that, a case study was carried out in a factory, in the subsector of concentrates for non-alcoholic beverages, in the Industrial Pole of Manaus. This is a quantitative-qualitative and descriptive research. At first, some maturity models were identified, where specific models for the intelligent supply chain were found. Being chosen, for application in the case study, the Maturity Model for Logistics 4.0, based on 07 dimensions proposed by Facchini (2020). The selected model focuses on identifying the company's maturity level in the implementation of Industry 4.0 technologies in its logistics processes. The result of applying the chosen model indicated strong integration between the management, material flow and information flow of the participating company and pointed out implemented advanced solutions that improved the entire supply network (inbound logistics) and distribution (outbound logistics), being observed potential points of improvement in its operations with regard to the transition to Logistics 4.0. The evaluation of the result obtained with the scale of the model showed the level of maturity Managing for the dimensions Employees, IT Systems, Intelligent Products and Technologies; and level of maturity Adopting for the dimensions, Knowledge, Strategy and Leadership and Intelligent Warehouses, in relation to Intelligent Logistics. The study reflected the actions under development and ongoing investments in the participating company, in the quest to achieve intelligence in Supply Chain Management.

Keywords

Industry 4.0; Smart Supply Chain; Maturity Model.

Submetido em: 11/04/2023 – Aprovado em: 18/04/2023 – Publicado em: 27/04/2023

1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, com o advento da quarta revolução industrial, as indústrias experimentam o processo de transformação digital. Essa revolução é apoiada pela implementação de múltiplas tecnologias inovadoras como simulação, realidade aumentada, manufatura aditiva, robótica avançada, computação em nuvem, entre outras (FRANK, DALENOGARE, AYALA, 2019).

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).

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 a identificação da maturidade, fundamentalmente por meio da verificação de qual nível está posicionada uma empresa ou processo e através da comparação com um nível desejado (ARDITO et al., 2018; IVANOV, DOLGUI e SOKOLOV, 2018; FRANK, DALENOGARE e AYALA, 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 avaliação de estágios de maturidade pode ser aplicada a campos específicos, como por exemplo, 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 concernente 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 e FELCH, 2018).

Nesse contexto, o aprimoramento de soluções conexas a essas práticas é importante, especialmente quanto a 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 (MITTAL et al., 2018).

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 (PPBs), o Polo conta com cadeia produtiva adensada e é responsável pela fabricação de produtos com alto valor agregado (SUFRAMA, 2023).

Considerando este aspecto, o presente artigo avalia um fabricante de concentrados para bebidas não alcoólicas, a partir da aplicação de um modelo de medição de maturidade para Logística 4.0 baseado em três macrodimensões: Gestão, Fluxo de material e Fluxo de informação.

Este trabalho está dividido em cinco seções. A primeira apresenta a Introdução, indicando a relevância do tema, seguida de Revisão de Literatura. Posteriormente, na seção 3, é feita a abordagem da Metodologia utilizada no estudo de caso. Na seção 4 estão descritos os Resultados encontrados. Na seção final, o artigo apresenta a Conclusão, com sugestão de novas pesquisas para avanço da fronteira do conhecimento.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Considerações sobre a Indústria 4.0

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, se faz 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 (EFING; TAMIOZZO, 2020).

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 massa. Na prática, originou-se 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 estimulada pelo desenvolvimento dos semicondutores, da computação, e da internet. 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. Essa terceira fase de ascensão

de atividades de alta tecnologia fomentou o surgimento da quarta revolução industrial (SOUSA, 2021).

Indústria 4.0 significa quarta revolução industrial. Este 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 (EFING; TAMIOZZO, 2020).

2.1.1 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 Abdel-Basset *et al.* (2018) 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) – Waschull (2019) define 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. Aplicada à Indústria 4.0, é configurada para trabalhar com organização das informações em 4v's: veracidade - confiabilidade e credibilidade das informações; variedade - variabilidade de tipos de formatos em que os dados são encontrados; velocidade - rapidez de criação e disposição das informações na internet; volume - multiplicidade de fontes e grande quantidade de dados e informações recebidas pela indústria num determinado intervalo de tempo (BASSETO, 2019).

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 (SAKURAI; ZUCHI, 2018).

Segurança Cibernética – De acordo com Ardito *et al.* (2018), 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.

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. Por causa do desenvolvimento da tecnologia os robôs podem agora acessar informações remota 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 (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 *Enterprise Resource Planning* (ERP) e *Manufacturing Execution Systems* (MES), que integram toda a cadeia de valor, promovendo análise de dados do processo produtivo e tomada de decisão em tempo real (CORREIA, TEIXEIRA e MARQUES, 2021).

Impressão 3D – Segundo Chong *et al.* (2018) a manufatura aditiva 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. Sendo, uma ótima escolha para fabricação de componentes e de protótipos, por causa do excelente desempenho da descentralização da produção. Os materiais mais comumente usados para impressão 3D são o plástico e as ligas de metal, porém poderão ser usados outros tipos de material.

Simulação – É a virtualização através 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 (FRANK, DALENOGARE, AYALA, 2019).

Realidade Aumentada – É 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, através da visão, o reforço, mediação ou o aumento da realidade (WASCHULL, 2019).

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 ou *Supply Chain Management* (SCM).

2.2 Cadeia de Suprimentos Inteligente

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 e HADDUD, 2018; TOTVS, 2018; 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 através da incorporação na cadeia de inovações presentes na Indústria 4.0 (ABDEL-BASSET *et al.*, 2018; CRAVO, 2019).

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 a 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 4.0, sendo alguns apresentados, resumidamente, conforme Quadro 1.

Quadro 1 - Modelos de Maturidade para Indústria 4.0 (I4.0)

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 através 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 (data warehouse), Orientação para Serviço (SOA), Digital Twin (clone digital de ativos físicos), Fábrica Auto Otimizadora (Big Data, Cloud e Machine Learning). Entretanto, faltam subsídios sobre o desenvolvimento do modelo, especialmente quanto a 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 Business Intelligence). 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 auto avaliação 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 informações de Basseto (2019) e Venturelli (2020)

2.3.2 Modelos de Maturidade para a Cadeia de Suprimentos Inteligente

Ainda neste sentido, para a Cadeia de Suprimentos Inteligente, são necessários modelos de maturidade específicos. O Quadro 2 apresenta a síntese e abordagem metodológica de alguns dos modelos encontrados na literatura.

Quadro 2 - Modelos de Maturidade para Cadeia de Suprimentos Inteligente

Artigo/Ano	Síntese	Método de Abordagem
Rumo à Indústria 4.0: Mapeamento de tecnologias digitais para integração de marketing e gerenciamento da cadeia de suprimentos/2018	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	Modelo com foco na maturidade de processos logísticos considerando os aspectos níveis de digitalização de processos operações	Estudo empírico – Pesquisa online com especialistas e, posteriormente, entrevistas presenciais
Otimização do roteamento de coleta de lixo municipal: Impacto das tecnologias da I4.0 na consciência ambiental sustentabilidade/ 2019	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	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
Integração da impressão 3D e Indústria 4.0 no ensino de engenharia/2018	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	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	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	Modelo de maturidade para a Logística 4.0: para avaliar o nível de maturidade da implementação da Indústria 4.0 nos processos logísticos	Estudo empírico – Estudo de casos em empresas
O impacto da tecnologia digital e da Indústria 4.0 no efeito cascata e na análise de risco da cadeia de suprimentos/2019	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 I4.0/2019	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	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	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	Framework que relaciona três aspectos em sua estrutura, o nível de informação a ser processado, as tecnologias de CPSs e o escopo da operação, variando de máquina até cadeia de suprimentos	Estudo teórico – Revisão de literatura

Fonte: Elaborado pela autora a partir de informações de 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, Bányai, Manavalan, Jayakrishn, Sundarakani, Kamran, Maheshwari, Jain, Waschull, Bokhorst, Molleman, Wortmann (2019) e Facchini, Szlappka, Ranieri, Urbinati (2020)

3 METODOLOGIA

A presente pesquisa é classificada como aplicada, quanto à natureza, pois de modo imediato e prático serve para auxiliar na solução de problemas reais e peculiares das empresas. E, quanto aos objetivos, a pesquisa é caracterizada como exploratória, pois, contém

levantamento bibliográfico e entrevistas, na busca de informação a respeito do objeto da pesquisa, com delimitação de limite e mapeamento das ações (CHIZZOTTI, 2018).

A pesquisa é também classificada como descritiva, uma vez que visa descrever as características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis, tendo como objetivo geral identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência do fenômeno (GIL, 2017; SEVERINO, 2017).

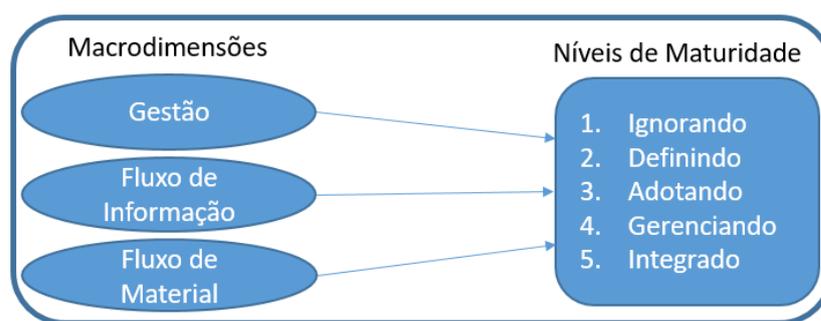
Segundo Miguel (2018), quanto a abordagem, a pesquisa tem método misto, porque abrange a coleta de informações qualitativas (abertas) e dados quantitativos (fechados) em resposta a perguntas da pesquisa. Inclui a coleta, análise, e interpretação de dados quantitativos-qualitativos, mesclando, explicando, construindo e incorporando dados.

Quanto a técnica, trata-se de um estudo de caso, que é uma estratégia de pesquisa, incorporando abordagens específicas à coleta e análise de dados, com uma questão que focaliza acontecimentos contemporâneos (CRESWELL; CRESWELL, 2018).

3.1 Cadeia de Suprimentos Inteligente

No desenvolvimento desse estudo foi selecionado um modelo de maturidade desenvolvido por Facchini *et al.* (2020), composto por três macrodimensões: Gestão, Fluxo de Material e Fluxo de Informação. Para avaliação da maturidade da empresa foram estabelecidos cinco níveis de maturidade: o primeiro nível identifica a ausência de qualquer capacidade, e o quinto nível identifica a implementação e integração completa de soluções. A Figura 1 ilustra o esquema do modelo escolhido.

Figura 1. Esquema do Modelo de Maturidade para Logística 4.0



Fonte: Elaborado pela autora a partir de Facchini (2020)

Para a pesquisa, foi elaborado um questionário composto por 15 questões relacionadas a propensão da empresa para a Indústria 4.0, o uso atual de tecnologias no processo logístico e o nível de investimentos em tecnologias da Indústria 4.0.

A partir das três macrodimensões do modelo: Gestão, Fluxo de material e Fluxo de informação, as questões da pesquisa foram agrupadas em duas macrodimensões: gestão e fluxo de materiais e informações. A seguir, para cada macrodimensão, apresentam-se sete

dimensões: Conhecimento; Estratégia e Liderança (S&L); Funcionários; Sistemas de TI; Produtos Inteligentes; Armazéns Inteligentes; Tecnologias. No Quadro 3 são apresentadas as macrodimensões, dimensões e os itens/questões, conforme o modelo.

Quadro 3 - Modelos de Maturidade para Cadeia de Suprimentos Inteligente

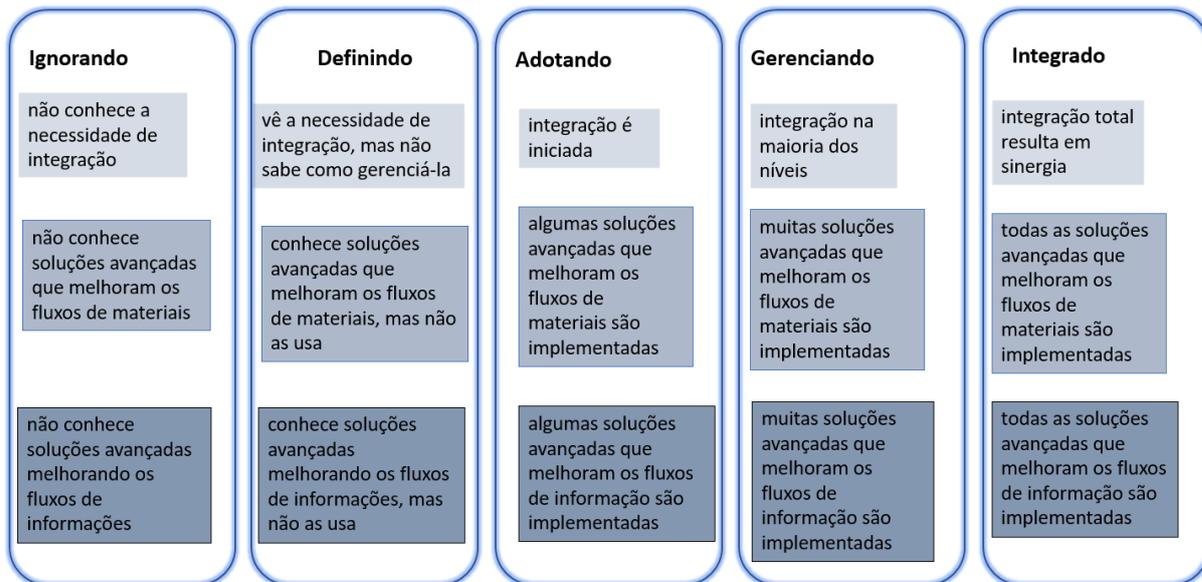
Macrodimensões	Dimensões	Itens/Questões	
Gestão	Conhecimento Estratégia e Liderança (S&L) Funcionários	Percepção de Adoção	
		Dinâmica de Desenvolvimento	
		Posição Competitiva	
		Impactos	
		Obstáculos	
Fluxo de Material e Informações	Sistemas de TI	Adoção	
		Dispositivos	
	Produtos Inteligentes	Instalações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

Fonte: Elaborado pela autora a partir de Facchini (2020)

A importância 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). Por isso, para cada pergunta do questionário foi atribuído um peso indo de “não importante” (avaliação = 1) a “muito importante” (avaliação = 4). Além disso, 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 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. A Figura 2 apresenta os níveis de maturidade do modelo.

Figura 2. Níveis de Maturidade do Modelo de Maturidade para Logística 4.0



Fonte: Elaborado pela autora a partir de Facchini (2020)

Adicionalmente, foram realizadas entrevistas com roteiro estruturado junto aos supervisores de Projetos, Automação, Logística, Armazém e Produção da empresa objeto desta pesquisa para complementar as informações coletadas com o modelo de maturidade aplicado.

4 RESULTADOS

4.1 Analisando o nível de maturidade da Cadeia de Suprimentos

A empresa *locus* do estudo está instalada no Polo Industrial de Manaus, produtora de concentrado para bebidas não alcoólicas. Conforme modelo organizacional estabelecido pela matriz, toda a operação de compras da empresa é baseada nos pedidos online 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.

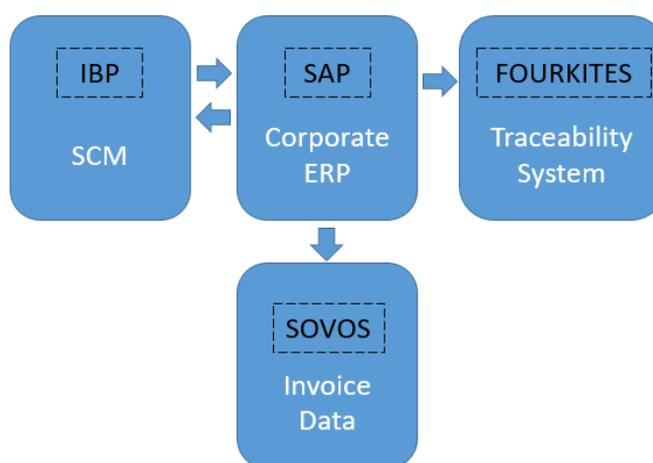
A partir do momento que esses materiais chegam na fábrica entram para a verificação da Qualidade e liberados vão para a Produção para fabricação do concentrado. O concentrado passa pelas movimentações logísticas internas e, depois, é levado para a área de montagem dos kits e expedição para entrega do produto final para os clientes: 16 engarrafadores no Brasil (nacional) e 09 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 através 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 SCM o *Integrated Business Planning* (IBP) integrado ao ERP Corporativo Programas para Análise de Sistema (SAP). O IBP alimenta o SAP – ordens dos clientes (engarrafadores) – e o SAP explora 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 3 ilustra resumidamente a integração desses sistemas.

Figura 3. Integração de Sistemas para SCM



Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados da pesquisa (2023)

4.2 Aplicação do Modelo de Maturidade para Logística 4.0

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 apresentadas na Tabela 4 as questões, o peso e suas respectivas pontuações.

Quadro 4 - Dimensões, questões/itens do modelo, peso 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
	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
	Impactos	3,8	2
	Obstáculos	3,5	4

Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados da pesquisa (2023)

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

- Ignorando → 1
- Definindo → (1; 2]
- Adotando → (2; 3]
- Gerenciando → (3; 4]
- Integrado → 5

Os resultados obtidos são apresentados no Quadro 5 e mostrados no Gráfico 1.

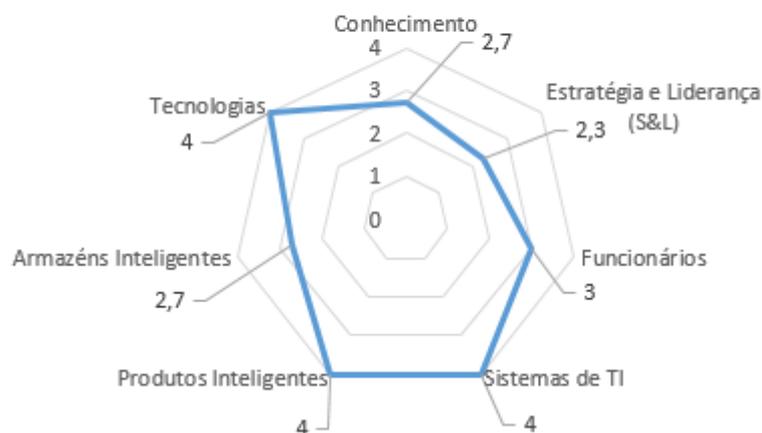
Quadro 5 - Dimensões, média ponderada e nível de maturidade

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	4	Gerenciando
Armazéns Inteligentes	2,7	Adotando
Tecnologias	4	Gerenciando

Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados da pesquisa (2023)

Gráfico 1 - Nível de maturidade das sete dimensões

Nível de maturidade



Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados da pesquisa (2023)

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

O conhecimento das várias inovaes tecnológicas da Indústria 4.0  um fator importante para a eficiente gestão e competitividade de uma empresa no mercado. A posio da empresa em relao  adoo da Logística 4.0 estão representados nos fragmentos de discurso de E1, E2, E3, E4 e E5.

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

E2: O paradigma  verificar qual seria a melhor tecnologia, qual a melhor oportunidade para implementar porque a companhia tem 18 plantas de fabricao de concentrado, mas não são plantas padrão. O nosso grande desafio  encontrar uma soluço 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: Ano passado nós fizemos o *Tip of the Day*, que  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.

Os relatos dos entrevistados confirmam o conhecimento da Logística 4.0. Isso representa bem a dinâmica de desenvolvimento da empresa em relação aos benefícios da utilização das tecnologias da Indústria 4.0. 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).

As instalações de armazenamento, os equipamentos de armazém, bem como a automação e a robotização do armazém da empresa são componentes da dimensão Armazém Inteligente. A situação da empresa em relação a essas componentes estão descritos 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, 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.

Complementarmente, os entrevistados comentaram impactos e o obstáculo mais inibidor do 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.

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.

O grau de automação e robotização em almoxarifado é fundamental para o fluxo de material no Armazém Inteligente. Incorporando cada vez mais objetos com uso de robôs, investindo na informatização e empregando recursos em automação, com foco na redução de custos e no aumento da melhoria da eficiência (CORREIA, TEIXEIRA e MARQUES, 2021).

A dimensão Estratégia e Liderança (S&L) obteve nível de maturidade Adotando, em estágio inicial, com avaliação 2,3. A estratégia e liderança da empresa reconhece que a Logística 4.0 afeta desempenho e objetivos, como por exemplo: melhoraria na produtividade e redução de custos dos processos internos do armazém, redução de custos de distribuição e transporte e do nível de estoque. Os relatos de E1, E2, E3, E4 e E5 ressaltam alguns impactos e obstáculos para a Logística 4.0 na empresa.

E1: No projeto Planta do Futuro, na reunião em 2022, nós identificamos 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.

As dificuldades fazem parte do desafio que as indústrias experimentam no processo de implementação da Indústria 4.0 nas suas operações (BENITEZ, AYALA, FRANK, 2020). Por isso, destaca-se o projeto Planta do Futuro, onde a liderança contratou consultoria para apoiar o enfrentamento das limitações da empresa.

A dimensão Funcionário obteve, no estágio inicial, o nível de maturidade Gerenciando, com valor 3. 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 conferencias. 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.

Por outro lado, existe a preocupação da empresa quanto a necessidade de mudança de mentalidade, no que diz respeito a 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 logico. 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.

Mais uma vez se destaca o comprometimento da empresa em implementar as tecnologias da Industria 4.0 em seus processos ao promover a capacitação dos seus funcionários. A qualificação dos empregados por meio de treinamentos possibilita a adesão da utilização das tecnologias emergentes (VENTURELLI, 2020).

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.

Abordando a dimensão Sistema de TI a empresa utiliza o Sistema Corporativo SAP, que é integrado a outros sistemas, 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.

Por outro prisma, foi elucidado 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 não dar a entender que o SAP está conectado direto com os nossos equipamentos de chão de fábrica, não está, 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.

A integração por modernos softwares e sistemas e a informatização dos processos, permitem maior controle das operações logísticas. Gestores conseguem, através da coleta e análise de dados, antecipar e contornar situações dentro e fora da empresa (ASDECKER e FELCH, 2018).

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

Adicionalmente, referente a atuação dos dois operadores logísticos da empresa, foram feitos esclarecimentos 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.

O uso da *Radio Frequency Identification* (RFID), que é um sistema de identificação por radiofrequência com monitoramento remoto de rastreabilidade industrial, e a utilização da *Cloud Computing*, que é o armazenamento e a disponibilidade de informações na nuvem, têm um enorme papel na Indústria 4.0 (BIENHAUS e HADDUD, 2018).

Por último, na dimensão Tecnologia, foram abordados os itens Conhecimento, Relevância Tecnológica e Posição de Adoção e Investimentos. Foram feitas considerações pelos entrevistados quanto 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, 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 está ligado com 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 tem 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.

Adicionalmente, os entrevistados avaliaram o uso atual de tecnologias da Indústria 4.0, ou seja, 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 a 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* é um sistema que vai receber todas as informações de produção, sensores, equipamentos, e se quiser utilizar essas informações para qual quer 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 da indústria 4.0.

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.

A digitalização dos processos operacionais logísticos permite, em tempo real, o acesso aos dados dos sistemas de rastreamento, de modo a facilitar a logística de transporte de materiais e produtos, contribuir para o controle de estoque e dar agilidade na comunicação, proporcionando efetividade na tomada de decisão (BENITEZ, AYALA, FRANK, 2020).

5 CONCLUSÃO

Considerando o cenário de migração para a Indústria 4.0, para a transformação de uma cadeia tradicional em uma cadeia inteligente, é fundamental que as tecnologias estejam implementadas em algum nível. Neste aspecto, o objetivo desse artigo foi analisar o nível de maturidade da cadeia de suprimentos de uma empresa do subsetor de concentrados para bebidas não alcoólicas do PIM.

Inicialmente este trabalho discorreu sobre as Tecnologias da Indústria 4.0 e o conceito de cadeia inteligente no âmbito da *Supply Chain Management* (SCM). Sendo, destacada a importância do modelo de maturidade para medir o estágio de maturidade do concernedo campo de aplicação e incentivar a implementação de tecnologias avançadas nos processos e operações (XU, XU e LI, 2018).

Os modelos de maturidade, além de serem usados como instrumentos para analisar e medir o nível da maturidade, são facilitadores para elevação do envolvimento das partes interessadas com os conceitos e tecnologias da Indústria 4.0, provocando o aumento do interesse, gerando a familiarização e incentivando a adoção dessas novas tecnologias. Ademais, são os instrumentos adequados para mensuração e identificação de recursos da cadeia de suprimentos (BAGNI e MARÇOLA, 2019).

Neste sentido, discorreu-se sobre modelos de medição da SCM, de acordo com os princípios da quarta revolução industrial, sendo escolhido o Modelo de Maturidade para Logística 4.0, desenvolvido por Facchini *et al.* (2020), baseado em dimensões, para aplicação em um estudo de caso. O modelo selecionado tem foco na identificação do nível de maturidade da empresa na implementação das tecnologias da Indústria 4.0 em seus processos logísticos.

O resultado da aplicação do modelo escolhido indicou forte integração entre a gestão, o fluxo de material e o fluxo de informação da empresa e apresentou soluções avançadas implementadas que melhoraram toda a rede de fornecimento (logística *inbound*) e de distribuição (logística *outbound*), sendo observados potenciais pontos de melhoria nas suas operações no que se refere à transição para a Logística 4.0.

A avaliação do resultado obtido com a escala do modelo, conforme mostrado na seção 4.2 deste trabalho, apresentou a identificação dos níveis de maturidade da empresa participante desta pesquisa. As dimensões foram avaliadas com o nível de maturidade Gerenciando e com nível de maturidade Adotando, com relação a Logística 4.0. O estudo refletiu as ações em desenvolvimento e os investimentos em andamento da empresa participante na busca em alcançar inteligência em SCM.

Uma limitação do estudo é pelo fato de ter sido realizado em apenas uma única empresa. Sugerindo-se para futuras pesquisas, sua aplicação junto a outras empresas dos demais subsetores, como medida de avaliação da maturidade do PIM em relação ao aspecto da Logística Inteligente. A avaliação de estágios de maturidade aplicada a campos específicos,

como por exemplo, na verificação da maturidade logística, é primordial para identificar potencialidades de melhoria e estimular a melhoria contínua (ASDECKER e FELCH, 2018).

REFERÊNCIAS

ABDEL-BASSET, M.; MANOGARAN, G.; MOHAMED, M. (2018). Internet of Things (IoT) and its impact on supply chain: A framework for building smart, secure and efficient systems. **Future Generation Computer Systems**, 86, 2018.

ARDITO, L.; PETRUZZELLI, A. M.; PANNIELLO, U.; GARAVELLI, A. C. 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.

BÁNYAI, T.; TÁMAS, P.; LLLÉS, B.; STANKEVICIUTE, Ž.; BÁNYAI, Á. 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.

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.

BENITEZ, GB; AYALA, NF; FRANK, AG. 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.

CHIZZOTTI, A. **Pesquisa em ciências humanas e sociais**. Editora Cortez, 2018.

CHONG, S.; PAN, G. T.; CHIN, J.; SHOW, P. L.; YANG, T. C. K.; HUANG, C. M. Integration of 3D Printing and Industry 4.0 into Engineering Teaching. **Sustainability (Switzerland)**, v. 10, p. 1-13, 2018.

CRAVO, M. **Indústria 4.0: Cadeia de suprimentos inteligente: entenda aqui este novo conceito e seus benefícios.** Industria4.0. Disponível em: <https://www.industria40.ind.br/artigo/18160-cadeia-de-suprimentos-inteligente-entenda-aqui-este-novo-conceito-e-seus-beneficios>. Acesso em: 30 março 2023.

CORREIA, D.M.; TEIXEIRA, L.; MARQUES, J.L. "Smart Supply Chain Management: The 5W1H Open and Collaborative Framework," 2021 IEEE 8ª Conferência Internacional sobre Engenharia Industrial e Aplicações (ICIEA), 2021, pp. 401-405, doi: 10.1109 / ICIEA52957.2021.9436817.

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

DALENOGARE, L.S.; BENITEZ, G.B.; AYALA, N.F.; FRANK, A.G. The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. **Int. J. Prod. Econ.** 204, 383–394, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.08.019>. Acesso em: 28 março 2023.

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.

FACCHINI, F.; OLEŚKÓW-SZŁAPKA, J.; RANIERI, L.; URBINATI, A. Um modelo de maturidade para logística 4.0: uma análise empírica e um roteiro para pesquisas futuras. **Sustentabilidade** 2020, 12, 86. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su12010086>. Acesso em: 11 março 2023.

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.

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 março 2023.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

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.

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.

MIGUEL, P. A. C. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. Elsevier, Rio de Janeiro, 2018

MITTAL, S.; KHAN, M.A; ROMERO, D.; WUEST, T. 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 março 2023.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. Editora Cortez, 2017.

SAKURAI, R.; ZUCHI, J. D. AS REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS ATÉ A INDÚSTRIA 4.0. **Revista Interface Tecnológica**, [S. l.], 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 março 2023.

SCHUH, G.; ANDERL, R.; DUMITRESCU, R.; KRÜGER, A.; TEN HOMPEL, M. Industrie 4.0, 2020. **Maturity Index. Managing the Digital Transformation of Companies – UPDATE 2020**.

SOUSA, R. "Terceira Revolução Industrial"; Brasil Escola. Disponível em:

<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/terceira-revolucao-industrial.htm>. Acesso em: 17 março 2023.

SUFRAMA. Indústria. Disponível em: <https://www.gov.br/suframa/pt-br/zfm/industria>. Acesso em: 29 mar. 2023.

SUNDARAKANI, B.; KAMRAN, R.; MAHESHWARI, P.; JAIN, V. 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>.

TOTVS, Equipe. Indústria 4.0: **Cadeia de suprimentos inteligente: conheça os benefícios**.

2018. Disponível em: <https://www.totvs.com/blog/gestao-industrial/cadeia-de-suprimentos-inteligente>. Acesso em: 30 março 2023.

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, maio de 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 março 2023.

WASCHULL, S.; BOKHOST, J.A.C.; MOLLEMAN, E. 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>.

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.