



REVISTA BRASILEIRA DE MECATRÔNICA
FACULDADE SENAI DE TECNOLOGIA MECATRÔNICA

**OS DESAFIOS DO SUPPLY CHAIN MANAGEMENT DIANTE DAS TECNOLOGIAS
HABILITADORAS DA INDÚSTRIA 4.0**

**THE CHALLENGES OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT AGAINST INDUSTRY'S ENABLING
TECHNOLOGIES 4.0**

Mayla Cristine Ananias Saito^{1, i}
Mauro Carlos Andreassa^{2, ii}
Jorge Antonio Gilles Ferrer^{3, iii}
José Roberto dos Santos^{4, iv}

Data de submissão: (31/08/2023) Data de aprovação: (07/03/2024)

RESUMO

Os desenvolvimentos tecnológicos ocorridos principalmente a partir da virada do milênio são alguns dos principais fatores para o que está sendo denominado de Indústria 4.0. Considerada como uma revolução da indústria, que se baseia em princípios como interoperabilidade, virtualização, descentralização, orientação para serviços e, por consequência, impacta em diversas operações de uma empresa, trazendo benefícios para a integração da cadeia de suprimentos e ao gerenciamento de *Supply Chain Management* (SCM) e levando ao conceito de Logística 4.0. Nesse contexto, a pesquisa teve como objetivo identificar os desafios do SCM diante das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0, sob a ótica de profissionais que atuam ou possuem ligação direta com a cadeia de suprimentos, para se obter um levantamento de suas percepções sobre a correlação do SCM com as tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0. A coleta de dados foi por meio de uma pesquisa exploratória, com a aplicação de um questionário *online* com esses profissionais. Os principais resultados mostraram que a maior parte dos profissionais tem conhecimento sobre as tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 e consideram o *Big Data* e *analytics*, a Integração Horizontal e a Integração Vertical como as tecnologias com maior integração na cadeia de *supply chain*. O nível de maturidade das empresas brasileiras sob o aspecto de implantação das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 para o SCM ainda está em seus

¹ Pós-graduanda em Gestão de Projetos Aplicados à Inovação em Indústria 4.0 na Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica. E-mail: mayla.cristinea@gmail.com

² Docente e Pós-graduado em Administração de Empresas pela Escola de Comércio Álvares Penteado com ênfase em Marketing e pela Faculdade de Economia e Administração da USP. E-mail: mandreas@uol.com.br.

³ Doutor e Mestre em Engenharia Mecânica. Docente na Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica. E-mail: jorge.ferrer@sp.senai.br

⁴ Especialista em Segurança da Informação da Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica. E-mail: joseroberto@sp.senai.br

primórdios, na fase de digitalização, com amplo uso da visualização, entrando no nível 3 de maturidade. Conclui-se que as empresas brasileiras possuem um longo caminho a percorrer para chegar à Logística 4.0.

Palavras-chave: Indústria 4.0, logística 4.0, gestão da cadeia de suprimentos.

ABSTRACT

Technological developments that have occurred mainly since the turn of the millennium are some of the main factors for what is being called Industry 4.0. Considered as an industry revolution, which is based on principles such as interoperability, virtualization, decentralization, service orientation and, consequently, impacts on several operations of a company, bringing benefits to the supply chain integration and Supply Chain management Management (SCM) and leading to the concept of Logistics 4.0. In this context, the research aimed to identify the challenges of SCM in view of the enabling technologies of industry 4.0, from the perspective of professionals who work or have a direct link with the supply chain, to obtain a survey of their perceptions about the correlation of the SCM with industry 4.0 enabling technologies. Data collection was carried out through an exploratory research, with the application of an online questionnaire with these professionals. The main results showed that most professionals have knowledge about the enabling technologies of industry 4.0 and consider *Big Data* and *analytics*, Horizontal Integration and Vertical Integration as the most integrated technologies in the supply chain. The maturity level of Brazilian companies in terms of the implementation of enabling technologies in industry 4.0 for SCM is still in its infancy, in the digitization phase, with wide use of visualization, entering level 3 of maturity. It is concluded that Brazilian companies have a long way to go to reach Logistics 4.0.

Keywords: Industry 4.0, logistics 4.0, supply chain management.

1 INTRODUÇÃO

A partir da virada do milênio, devido aos diversos avanços tecnológicos ocorridos principalmente em três áreas (digital, física e biológica), passou a se evidenciar o que é chamado de Quarta Revolução Industrial. Essa nova fase do desenvolvimento econômico abrange, principalmente, a digitalização da manufatura e o uso intensivo de novas tecnologias tanto nos processos de produção, quanto na gestão dos negócios e na oferta de serviços, e ainda, tem contribuído para criação de novos modelos de negócios nos mais diversos setores (Hasan; Reis, 2018).

Essa revolução é considerada diferente das anteriores devido às mudanças significativas que surgiram a partir da aplicação conjunta de diversas tecnologias, dentre as quais se destacam: inteligência artificial (IA), robótica, internet das coisas (IoT), *Big Data*, impressão 3D, aumento do poder de computação, conectividade, nanotecnologia, evolução na ciência dos materiais, armazenamento de energia e computação quântica, entre outras. Essas tecnologias estão mudando consideravelmente o modo como os produtos são fabricados, os serviços são prestados e as transações de negócios são executadas, cada vez mais interligadas e em tempo real (Schwab, 2016).

Essa revolução se sustenta tanto na aplicação de algumas tecnologias em conjunto como em princípios que estão relacionados ao conceito de Indústria 4.0, que são a interoperabilidade, a virtualização, a descentralização, a capacidade de operação em tempo

real, a orientação aos serviços e a modularidade (Hasan; Reis, 2018). Diante dessa transformação tanto na produção como nos modelos de negócios, as empresas que desejarem se destacar em seu mercado de atuação, necessitarão adotar os suportes tecnológicos adequados para seu setor, sabendo explorar cada um deles e suas potencialidades.

Adicionalmente, a introdução da Indústria 4.0 na manufatura tem muitos impactos em toda a cadeia de suprimentos. A colaboração entre fornecedores, fabricantes e clientes é fundamental para aumentar a transparência em todas as etapas desde a emissão do pedido feito pelo cliente até o final da vida útil do produto. Além disso, devido à introdução da digitalização e automação de processos, toda a estrutura do *Supply Chain Management* (SCM) – Gestão da Cadeia de Suprimentos, precisou entender as oportunidades e possíveis ameaças da introdução dessas novas tecnologias. Diante desse contexto, é necessário analisar o impacto da Indústria 4.0 na cadeia de suprimentos como um todo.

O artigo apresenta uma análise preliminar do impacto da Indústria 4.0 no SCM e visa fornecer uma reflexão sobre a cadeia de suprimentos 4.0, juntamente com as suas necessidades. Esta análise, com escopo intencionalmente limitado, teve como objetivo principal identificar os desafios do SCM diante das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0, sob a percepção de profissionais que atuam ou possuem ligação direta com a cadeia de suprimentos. Aplicou-se uma pesquisa exploratória quantitativa, por meio de um questionário *online* com os profissionais, para se obter um levantamento das percepções sobre a correlação do SCM com as tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

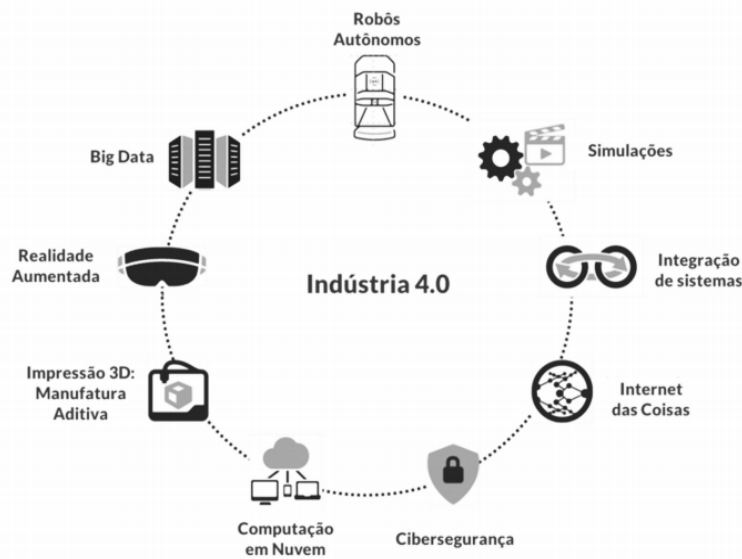
Nesta seção são apresentados os conceitos que deram embasamento à pesquisa, inicialmente é abordado sobre a Indústria 4.0, em seguida sobre a Gestão da Cadeia de Suprimentos (*Supply Chain Management*) e, por fim, sobre a Logística 4.0.

2.1 Indústria 4.0

O conceito de Indústria 4.0 foi conhecido pelo mundo a partir de 2011, na divulgação na *Hannover Messe*, na feira de tecnologia industrial, uma iniciativa do governo Alemão para valorizar a indústria no país. Já, durante o Fórum Econômico Mundial, em 2015, a consultoria *Boston Consulting Group* identificou uma lista de conceitos (Figura 1) que se estabeleceram como bases da Indústria 4.0 (Lorenz et al., 2015).

Muitos dos nove avanços em tecnologia que formam a base para a Indústria 4.0 já são usados na manufatura e transformarão a produção de células isoladas para um fluxo de produção totalmente integrado, automatizado e otimizado, levando para maior eficiência e mudanças nas relações de produção tradicionais entre fornecedores, produtores e clientes, bem como entre humanos e máquinas (Lorenz et al., 2015).

Figura 1 – Tecnologias Habilitadoras da Indústria 4.0



Fonte: adaptado pela autora com base em Lorenz et al. (2015).

A partir da diversificação nos setores da indústria ocorre, nos modos de produção, o processo de diversificação dos processos na busca de eficiência máxima na economia, com investimentos e pesquisas garantindo o aumento de produtividade e redução de custos. Tais processos levam as organizações a avaliarem a importância da escolha de tecnologias habilitadores, conforme a característica de cada processo. Portanto, não é necessário ter todos os nove principais pilares da Indústria 4.0, ao direcionarem uma busca estruturada das novas tecnologias, mas quando duas ou mais são utilizadas em conjunto, os resultados são extrapolados indo de encontro à real necessidade do processo, por isso, destaca-se a importância de conhecer as tecnologias, abordadas a seguir.

O *Big Data and analytics* é um termo em inglês que se refere ao grande volume de dados processados e suas rápidas análises, pode ser aplicado para identificar problemas de produtividade no processo e trazendo maior otimização para uma tomada de decisão precisa (Lorenz et al., 2015).

Os robôs autônomos são máquinas com grau de interação com seres humanos que podem ser operados como robôs colaborativos, ou até mesmo sem supervisão humana (Lorenz et al., 2015).

A computação em nuvem traz um entendimento amplo e se constituir de um recurso acessível para as empresas, onde a informação é armazenada por meio da internet permitindo reduzir os investimentos em *hardware*, infraestrutura equipes de TI's, etc. (Lorenz et al., 2015).

A internet das coisas industrial conecta os dispositivos e robôs autônomos à rede para a coleta e transmissão dos mais diversos dados em tempo real, como desempenho, temperatura, pressão, entre outros. Podendo até antecipar os erros no processo de produção e de atividades humanas (Lorenz et al., 2015).

A simulação, ou virtualização permite testar soluções com uso de modelos digitais, que imitam as condições físicas e originais do processo, podendo se antecipar às situações de falhas de projetos e processos (Lorenz et al., 2015). Além disso, podem prever eventuais falhas, pois possibilitam analisar se o projeto, quando for implementado fisicamente, poderá

atingir os indicadores de produtividade desejados e, caso não sejam atingidos, é possível ajustar o modelo digital sem as dificuldades de realizar alterações físicas.

O sistema de integração horizontal e vertical, conecta duas áreas importantes nas empresas: o chão de fábrica e até a alta direção, fazendo com que os processos e atividades de cada setor se integram para os mesmos objetivos organizacionais (Lorenz et al., 2015).

A segurança cibernética é necessária porque a integração de equipamentos e sistemas da Indústria 4.0 requer soluções cada vez mais eficientes para detectar, conter e prevenir vazamentos de informações (Lorenz et al., 2015).

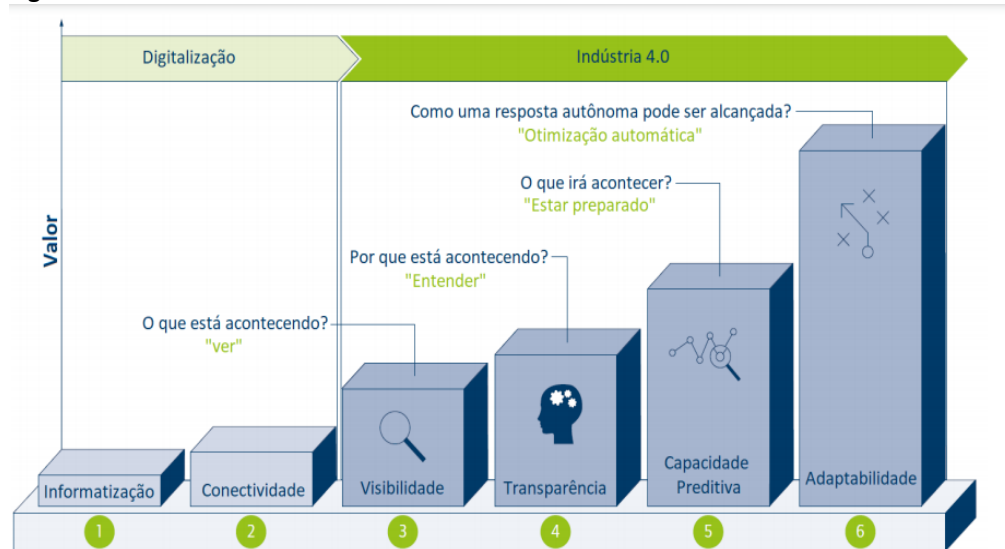
A manufatura aditiva, conhecida como impressão 3D, é uma tecnologia que pode ser usada para a fabricação rápida de peças complexas e a customização de produtos em massa (Silva; Kawakame, 2019).

A realidade aumentada é a junção de objetos reais com cenários virtuais facilitando as operações e atividades de máquinas aos mais diversos serviços (Silva; Kawakame, 2019).

Assim, as tecnologias de produção já mencionadas, aliadas às tecnologias digitais, estão promovendo um rompimento nos paradigmas historicamente válidos (Morais; Monteiro, 2019).

No entanto, para conseguir chegar ao nível de maturidade da Indústria 4.0 é necessário ter o entendimento dos estágios a serem alcançados e o modelo da Acatech (Schuh et al., 2017) tem se mostrado como o referencial para conceitualização operacional, facilitando no direcionamento do estudo para fins acadêmicos. Por isso, foi escolhido como modelo metodológico para condução deste trabalho, o qual está detalhado na Figura 2 (Schuh et al., 2017, p. 15-17).

Figura 2 – Níveis de Maturidade da Indústria 4.0



Fonte: adaptado pela autora com base na tradução livre de Schuh et al. (2017 p. 16).

A seguir é apresentada uma breve explicação sobre cada um dos níveis propostos pelo método. Na presente pesquisa, ainda foi acrescentado o nível “zero” (pré-informatização), considerando os casos que ainda não há nenhuma informatização realizada no processo avaliado.

1) Informatização: o primeiro nível para o caminho é a informatização, pois fornece a base para a digitalização, onde diferentes tecnologias da informação são usadas de forma isolada dentro da empresa (Schuh et al., 2017, p. 15).

2) Conectividade: no nível de conectividade, os sistemas que eram isolados passam a ter conectividade e abrangem os principais componentes e processos organizacionais (Schuh et al., 2017 p. 16).

3) Visibilidade: neste nível, a empresa já possui os sensores capturando informações do processo do começo ao fim com um número grande de dados sendo gerados uniformemente permitindo uma “sombra digital”, ou seja, a sombra digital mostra precisamente em tempo real o que está acontecendo com a empresa, para fins de decisões gerenciais. Este nível é essencial para os níveis posteriores (Schuh et al., 2017 p. 16-17).

4) Transparência: os sensores do processo e sistemas da empresa são conectados internamente e com meios externos, sendo possível compartilhar os grandes volumes de dados e gerar novas informações e análise estatística para tomada de decisão (Schuh et al., 2017 p. 17).

5) Capacidade Preditiva: neste nível de maturidade a empresa é capaz de simular diferentes cenários futuros e identificar os mais prováveis de acontecer, sendo possível ainda projetar a “sombra digital” no futuro, tomando decisões assertivas e medidas apropriadas em tempo hábil, baseado em dados ágeis e de alta precisão (Schuh et al., 2017 p. 18).

6) Adaptabilidade: no último nível, a capacidade preditiva é requisito para antecipar as decisões de forma automática nos sistemas de tecnologia da informação. O objetivo da adaptabilidade é alcançado quando uma empresa é capaz de usar os dados da “sombra digital” para ter os dados ágeis e de alta precisão para implementar as medidas compatíveis automaticamente, ou seja, sem assistência humana (Schuh et al., 2017 p. 18).

A seguir, na próxima seção apresenta-se a metodologia possível para relação das abordagens da cadeia de suprimentos voltada para a Indústria 4.0 e seu nível de maturidade como sendo o conjunto de estratégias que, organizadamente envolvidas, visam alcançar a expectativa do cliente e atingir competitividade na cadeia de suprimentos, de forma a garantir bons produtos, processos e serviços.

As tecnologias habilitadoras são sistemas modernos que causam uma mudança significativa no dia a dia da sociedade. Essas tecnologias promoverão um novo renascimento cultural se forem usadas de forma ágil e responsável, podendo elevar a humanidade a uma nova consciência coletiva e moral (Confederação Nacional da Indústria, 2016).

2.2 Supply Chain Management

Segundo Ballou (2006), a logística é um processo que contém todas as atividades de movimentação de materiais entre as áreas da empresa, beneficiando o manuseio e o fluxo de produtos desde a entrada da matéria prima até a entrega para o consumidor final, impulsionando o nível de serviços a fim de superar as necessidades dos clientes ao menor custo possível. Entende-se por *Supply Chain Management* (SCM) o conjunto de recursos materiais e toda a cadeia de processo necessária para atender uma respectiva demanda do cliente final, agregando valor e gerando satisfação ao mesmo.

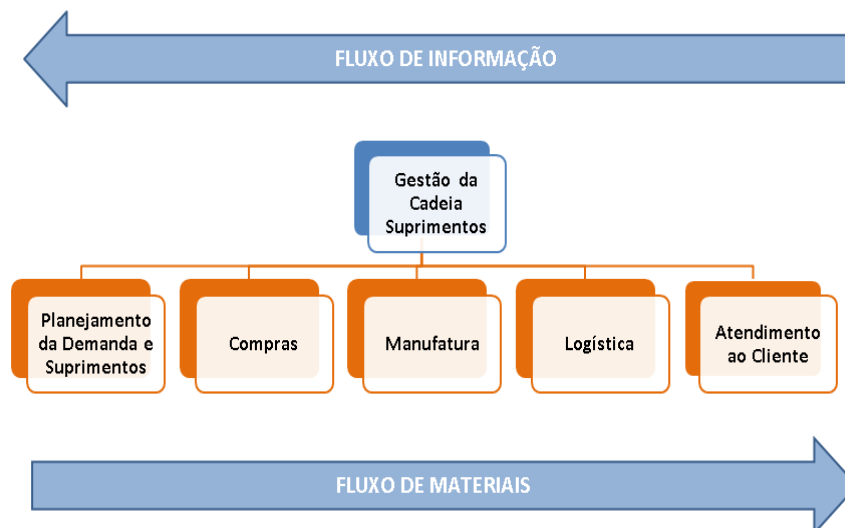
Enquanto a definição que Simchi-Levi, Kaminsky e Simchi-Levi (2003, p. 27) apresentam para a SCM é:

[...] um conjunto de abordagens utilizadas para integrar eficientemente fornecedores, fabricantes, depósitos e armazéns, de forma que a mercadoria seja produzida e distribuída na quantidade certa, para a localização certa e no tempo certo, de forma a minimizar os custos globais do sistema ao mesmo tempo em que atinge o nível de serviço desejado.

A geração de valor para o cliente final representa todo um envolvimento colaborativo entre as empresas desde os fornecedores, consumidores e outros parceiros, com a finalidade de impulsionar a cadeia para continuar gerenciando o fluxo de matérias-primas que assegura o produto final, a fim de que todos os requisitos solicitados pelo cliente final sejam cumpridos.

Entretanto, nos últimos anos, a cadeia de suprimentos e a logística passaram por uma grande mudança em função puramente operacional, se reportando a área vendas ou manufatura e focada em garantir o abastecimento das linhas de produção e entrega aos clientes. O foco da função de gerenciamento da cadeia de suprimentos mudou para processos de planejamento avançado, como planejamento analítico de demanda ou S&OP integrado, que se tornaram processos de negócios estabelecidos em muitas empresas, enquanto a logística operacional muitas vezes foi terceirizada. A função da cadeia de abastecimento, conforme apresentado na Figura 3, garante operações integradas de fornecedores a clientes.

Figura 3 – Cadeia de Suprimento



Fonte: Elaborada pela autora.

Contudo, Ballou (1993) avalia a cadeia de suprimento como a atividade que permite a disponibilidade do produto para o sistema logístico, analisando as opções de fontes de suprimento, tanto em qualidade, prazos, preços competitivos, boas condições de pagamento, quantidade a ser comprada, planejamento de compras, analisando condições geográficas e temporais, visando diminuir os custos logísticos.

2.3 Logística 4.0

A Indústria 4.0 e suas contribuições cria uma ruptura e exige que as empresas repensem a maneira como projetam sua cadeia de suprimentos. O surgimento de novas tecnologias estão alterando as formas tradicionais de trabalho e as expectativas dos clientes mudam o jogo. Além da necessidade de adaptação, a cadeia de suprimentos também tem a oportunidade de alcançar o próximo horizonte de eficácia operacional, para alavancar os modelos de negócios da cadeia de suprimentos digitais emergentes e para transformar a empresa em uma cadeia de suprimentos digital (Cunha, 2019).

A adoção do conceito de Logística 4.0 pelo mercado traz destaque principalmente para os impactos das tecnologias habilitadoras para as atividades logísticas (Silva; Kawakame, 2019). Segundo esses autores, o conceito de Logística 4.0:

apresenta um novo ciclo da logística, totalmente conectada, trazendo ganho de eficiência, velocidade, redução de custos e disponibilidade de informações, permitindo melhores tomadas de decisões baseadas em dados, beneficiando todos os envolvidos, desde o fornecedor até o cliente final, além de competitividade no mercado global (Silva; Kawakame, 2019, p. 6).

A eficiência na cadeia de suprimentos, nos últimos anos, foi impulsionada pela automação das tarefas físicas e do planejamento. Na logística 4.0, os robôs lidam com o material (paletes/caixas, bem como peças individuais) de forma totalmente automática ao longo do processo produtivo e de armazenamento – desde o recebimento, descarregamento, processamento até o armazenamento para separação, embalagem e envio (CUNHA, 2019). Caminhões autônomos transportam os produtos dentro da rede para aperfeiçoar a utilização do caminhão e aumentar a flexibilidade de transporte. A própria configuração da rede é continuamente redimensionada para garantir um ajuste ideal aos requisitos de negócios, evitando os desperdícios nas cadeias de suprimentos (Cunha, 2019).

Nas cadeias de suprimentos de hoje, muitas fontes de desperdício existente e digital podem ser encontradas e impedem o potencial do *Supply Chain* 4.0. Entender que os desafios estão presentes na cadeia com viés digital e desenvolver soluções são de grande relevância para reduzi-los, evitando desperdícios futuros (Cunha, 2019, Silva; Kawakame, 2019). As principais fontes de desperdícios estão diretamente ligadas aos desafios encontrados na cadeia de suprimento, como na complexidade da cadeia, integração de equipes e processos, mensuração de resultados, relacionamento com os fornecedores, controle de estoque, distribuição e transporte (Silva; Kawakame, 2019). Logo, podem ser classificadas em três tipos:

1) Captura e gerenciamento de dados. Frequentemente, os dados disponíveis são tratados manualmente (coleta de dados em um sistema, tratamento de dados em papel, etc.) e não atualizados regularmente, por exemplo, dados mestre no prazo de entrega do fornecedor que são inseridos uma vez (às vezes até mesmo apenas números fictícios) e então permanecem inalterados por anos. Nos sistemas atuais, este sinal não será reconhecido e levará a um menor nível de serviço do fornecedor relatado no final do mês. Se o pior acontecer, causará problemas no reabastecimento da linha de montagem e operacionais.

2) Otimização da cadeia e processos integrados. Muitas empresas já começaram a implementar um processo de planejamento integrado, mas muitas vezes isso ainda é feito em partes e nem todas as informações são aproveitadas para alcançar o melhor resultado de

planejamento possível. Além disso, pode-se observar frequentemente que os dados de planejamento ou previsão automaticamente são inseridos manualmente pelos planejadores. As inserções manuais geralmente têm um impacto negativo na precisão da previsão. Além da melhoria nas empresas da cadeia, a otimização do processo entre elas ainda não foi totalmente aproveitada e os potenciais de melhoria criados pelo aumento da transparência não são atingidos. Para chegar ao nível avançado de otimização de processos integrados, a configuração organizacional, governança, processos e incentivos precisam estar alinhados dentro e entre os parceiros na cadeia de abastecimento.

3) Execução de processos físicos de humanos e máquinas. Hoje em dia o armazenamento, reabastecimento da linha de montagem, gerenciamento de transporte, etc. são frequentemente feitos com base na intuição, mas não aproveitando os dados disponíveis, por exemplo, para melhorar os caminhos de coleta no armazém. As operações do almoxarifado ainda são gerenciadas em lotes de uma a duas horas, não permitindo a alocação em tempo real de novos pedidos e roteamento dinâmico.

Neste contexto, a coleta e tratamento dos dados para buscar padrões que auxiliem as empresas a realizar previsões por demandas, desgaste de máquina e outras variáveis significativas à sua gestão, por meio de soluções de Inteligência Artificial (IA) e a Ciência de Dados geram conhecimento e *insights* para um mundo melhor (Axondata, 2020).

Assim, após essa breve contextualização sobre a Indústria 4.0 e o SCM com enfoque no conhecimento dos principais desperdícios, que abrangem em sua maioria os desafios encontrados na cadeia, a tendência do SCM 4.0 é conseguir otimizar essas interferências saindo de uma cadeia centralizada para uma cadeia descentralizada, mudando os perfis dos negócios voltados de produtos para serviços. A seguir, apresenta-se a metodologia de pesquisa e seus resultados e discussões, que trazem uma visão sobre os vários cenários da performance no SCM com a utilização das tecnologias habilitadoras, baseado na pesquisa de percepção dos profissionais do mercado.

3 METODOLOGIA

Para se atingir o objetivo principal dessa pesquisa, que foi de identificar os desafios do SCM diante das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0, sob a percepção de profissionais que atuam ou possuem ligação direta com a cadeia de suprimentos, foi aplicada uma pesquisa exploratória, com abordagem quantitativa.

A abordagem quantitativa pode ser empregada para testar teorias objetivas, por meio do exame de relações entre as variáveis (Creswell, 2010). As variáveis podem ser medidas tipicamente por instrumentos, de forma que os dados numéricos possam ser analisados por procedimentos estatísticos. Portanto, nesta pesquisa a análise dos dados teve um tratamento de estatística descritiva com a apresentação de gráficos e tabelas.

Já, na pesquisa exploratória é possível aprimorar ideias e buscar as familiaridades com o problema, o que poderá levar tanto na construção de hipóteses como a descoberta de novos caminhos de pesquisa e maior explicitação do problema (Gil, 2009). Portanto, foi explorado e observado a percepção de profissionais da área de logística a respeito do tema, avaliando seu entendimento sobre as tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 e sua relação com SCM.

A primeira etapa executada foi de pesquisa bibliográfica, que serviu para o embasamento sobre o tema da pesquisa e para subsidiar as análises, de forma a confrontar as respostas dos questionários com as teorias e conceitos estudados, ou com pesquisas

similares de outros autores.

A segunda etapa envolveu a participação de profissionais atuantes direta e indiretamente na área de gestão da cadeia de suprimentos e logística, sendo que a seleção dos participantes foi realizada mediante critérios específicos, garantindo a representatividade e relevância da amostra para os propósitos da pesquisa.

Os critérios de seleção da amostra foram definidos com base na experiência profissional dos participantes e sua relevância para os temas envolvidos. A coleta de dados foi realizada por meio de uma amostragem por conveniência composta por indivíduos (profissionais que ocupavam cargos como gerentes, coordenadores, analistas ou outros cargos diretamente relacionadas à gestão da cadeia de suprimentos em organizações de diversos setores, tais como Industrial, produção e serviços) do círculo social da autora (contatos de redes profissionais como o LinkedIn, ou de empresas parceiras e de uma base de contatos profissionais mantida pela autora da pesquisa). Portanto, a amostragem é do tipo não probabilística intencional por conveniência, visto que foi composta por participantes que a autora tinha fácil acesso aos contatos.

Assim, os participantes receberam o convite via WhatsApp, e-mail ou LinkedIn para responderem ao questionário *online*. Todos os participantes foram informados sobre os objetivos da pesquisa, seu caráter voluntário e anônimo, bem como sobre o tratamento confidencial dos dados coletados. Os procedimentos adotados seguiram as diretrizes e regulamentações aplicáveis à pesquisa acadêmica, garantindo a integridade e confiabilidade dos resultados obtidos.

A utilização desses métodos de contato permitiu alcançar uma amostra diversificada de profissionais atuantes na área industrial de SCM, sendo que o tamanho da amostra foi estabelecido em 51 participantes, considerado adequado para os objetivos da pesquisa e para garantir uma análise estatisticamente significativa dos dados encontrados.

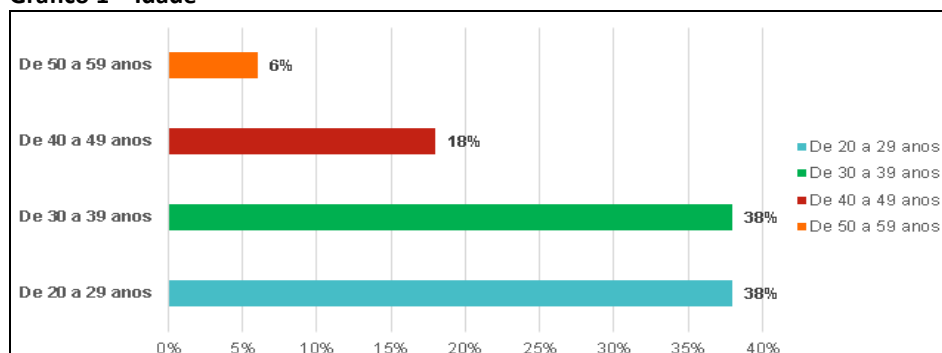
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção são apresentados os resultados e discussões da pesquisa, iniciando pela caracterização da amostra, em seguida estão os resultados sobre os benefícios do gerenciamento do SCM, quais as tecnologias habilitadoras são conhecidas e aplicadas, bem como quais as oportunidades para a Indústria 4.0 no Brasil são percebidas pelos respondentes.

4.1 Caracterização da amostra

A amostra total de respondentes foi de 51 profissionais. No gráfico 1, apresenta-se a faixa etária da amostra, que é formada por adultos com predominância nas faixas etárias 20 a 39 anos. Verificou-se um equilíbrio entre a proporção nas faixas etárias de 20 a 29 anos e de 30 a 39 anos, que foi de 38% dos respondentes em ambas. Já, a menor proporção de profissionais que responderam à pesquisa pertence a faixa etária entre 50 a 59 anos, tendo apenas 6% respondentes.

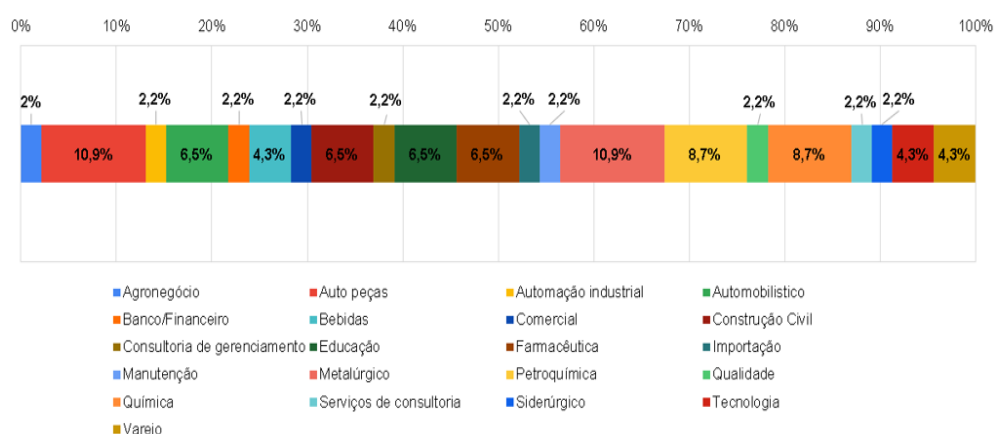
Gráfico 1 – Idade



Fonte: Elaborada pela autora.

Já no gráfico 2 é possível notar que houve diversidade de segmentos de atuação dos respondentes, tendo maior proporção os setores de Autopeças e Metalúrgico com 10,9% cada, e os setores Petroquímico e Químico com 8,7% cada. Percebe-se uma pulverização entre os setores de atuação dos respondentes, já que não houve uma grande participação de profissionais de algum setor específico.

Gráfico 2 – Segmento de Atuação



Fonte: Elaborada pela autora.

No que se refere ao nível de escolaridade da amostra, segundo os dados da tabela 1, a maior parte possui Especialização (45,1%), seguido de pessoas com superior incompleto (31,4%) e 11,8% declararam ter mestrado.

Tabela 1 – Nível de escolaridade da amostra.

Escolaridade	Frequência	%
Superior incompleto	16	31,4%
Superior completo	5	9,8%
Especialização	23	45,1%
Mestrado	6	11,8%
Doutorado	1	2,0%
Total	51	100%

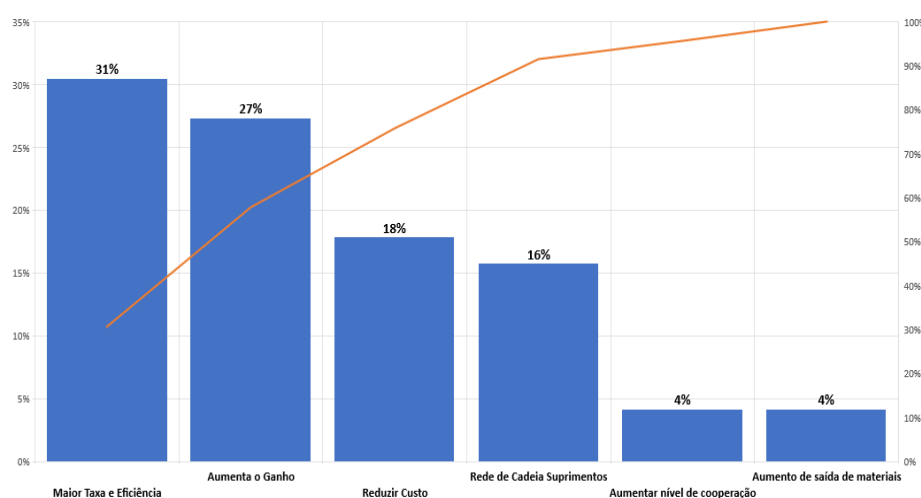
Fonte: Elaborada pela autora.

Portanto, pode-se considerar que o nível educacional da amostra é de profissionais em sua maioria com Especialização, não sendo compatível com a distribuição educacional da população brasileira.

4.2 Benefícios do Gerenciamento do *Supply Chain Management*

Conforme visto no Gráfico 03, ao responderem ao questionamento sobre os benefícios do gerenciamento da Cadeia de Suprimentos, os profissionais destacaram diversos aspectos. Os benefícios mais presentes foram: maior taxa de eficiência (31%), aumento do ganho (27%) e redução dos custos (18%).

Gráfico 3 – Benefícios do Gerenciamento do *Supply Chain Management*



Fonte: Elaborada pela autora.

Diante desses resultados, pode-se afirmar que a percepção dos profissionais da amostra está de acordo com a definição de SCM apresentada por Simchi-Levi, Kaminsky e Simchi-Levi (2003, p. 27) que menciona justamente o SCM como “um conjunto de abordagens utilizadas para integrar eficientemente fornecedores, fabricantes, depósitos e armazéns”, visando “minimizar os custos globais do sistema”.

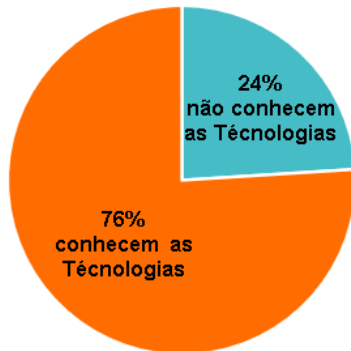
Os resultados do gráfico 3 também estão alinhados com a pesquisa da PwC sobre Tendências Digitais na Cadeia de Suprimentos 2022, que destaca o foco dos líderes de negócios na cadeia de suprimentos em objetivos de curto prazo, sendo eles de aumentar a eficiência (63%) e gerenciar ou reduzir custos nas operações (59%). A ênfase em maior eficiência e redução de custos reflete a prioridade de muitas empresas em melhorar seus processos e maximizar seus resultados financeiros no curto prazo (PRICEWATERHOUSECOOPERS, 2022).

No entanto, é importante notar que outros benefícios menos mencionados pela amostra pesquisada, como a rede de cadeia de suprimentos e o aumento do nível de cooperação, também desempenham um papel importante na gestão eficaz da cadeia de suprimentos. Esses aspectos são fundamentais para promover uma cadeia de suprimentos ágil, resiliente e colaborativa, especialmente em um contexto de disrupções contínuas e riscos crescentes.

4.3 Tecnologias Habilitadoras para Indústria 4.0

Em seguida os respondentes foram questionados se já haviam tomado conhecimento sobre as tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0. Conforme dados do gráfico 4, percebe-se que a maioria dos profissionais (76%) está atualizada em relação à Indústria 4.0 e conhece suas tecnologias habilitadoras. Portanto, essa amostra de pesquisa é considerada habilitada para responder ao questionamento principal deste estudo que é identificar os desafios do SCM diante das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0, cujos resultados são apresentados e discutidos nos gráficos 5, 6 e 7.

Gráfico 4 – Tecnologias Habilitadoras para Indústria 4.0

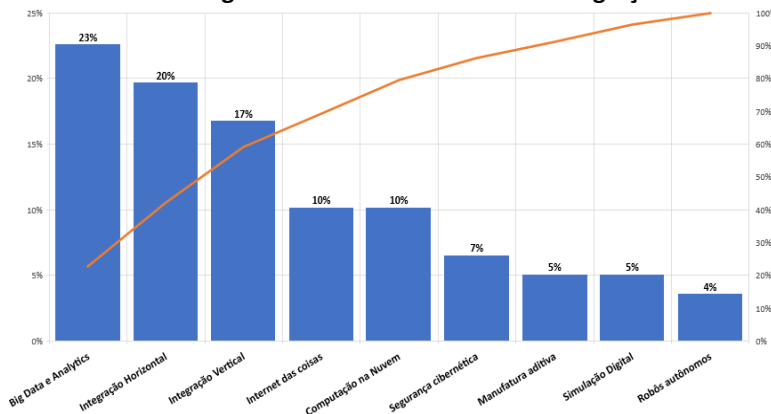


Fonte: Elaborada pela autora.

Quando questionados sobre “Quais tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 têm maior integração na cadeia de *Supply chain* e logística?”, os profissionais deram maior ênfase para *Big Data* e *analytics* (23%), Integração Horizontal (20%) e Integração Vertical (17%), conforme mostra o gráfico 5.

Uma pesquisa da PwC sobre Tendências Digitais na Cadeia de Suprimentos destaca que as restrições orçamentárias são um dos principais obstáculos à digitalização das cadeias de suprimentos, sendo considerado um dos 3 principais desafios (Pricewaterhousecoopers, 2022). Isso é relevante ao analisar o gráfico 5, pois evidencia que as empresas enfrentam dificuldades não apenas na implementação de tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0, mas também na alocação de recursos necessários para essa transformação.

Gráfico 5 – Tecnologias Habilitadoras com maior integração na cadeia *Supply Chain*



Fonte: Elaborada pela autora.

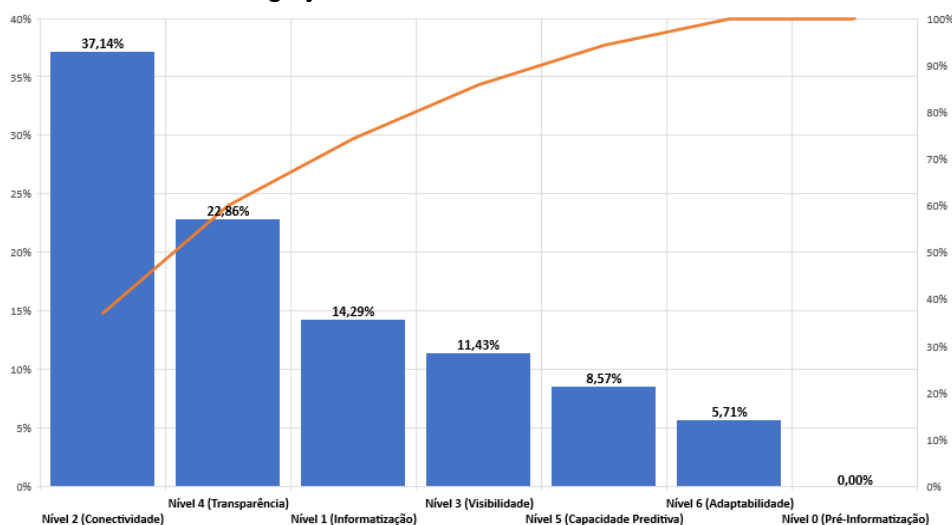
Conforme visto no referencial teórico, o uso de *Big Data* e *analytics*, tem a capacidade de trabalhar com um grande volume de dados e com análises rápidas, facilitando a tomada de decisão (LORENZ et al., 2015). Assim, compreende-se que possa haver maior integração dessas tecnologias habilitadoras principalmente para o caso de empresas que operem com *e-commerce*, pois nesse tipo de organizações a quantidade de dados poderá ser capturada a partir de uma variedade de recursos de captura das operações *online* (transações de comércio eletrônico, navegação na internet, interações em redes sociais, etc.). Assim, o conceito de *Big Data* e *analytics* para a SCM trabalha com maior precisão esse grande fluxo de dados facilitando a visualização de todos os elos de uma cadeia de fornecimento, trazendo maior eficiência ao gerenciamento de SCM.

Isso está em linha com a percepção de que as tecnologias habilitadoras de integração horizontal e vertical também são importantes, já que os sistemas de integração podem conectar as mais diversas áreas de uma organização, desde a venda do produto *online*, por exemplo, que traz maior agilidade até mesmo para a programação de produção e controle dos estoques de matérias-primas e insumos.

No que diz respeito ao nível de maturidade da Indústria 4.0 (ver Figura 2 do referencial teórico), percebido pelos profissionais da amostra⁵ em relação às tecnologias que possibilitam a integração horizontal e vertical, a maioria (37,14%) considera que sua empresa está no nível 2, de conectividade. Enquanto 22,86% consideram que sua empresa está no nível 4, de transparência e 14,29% estão no nível 1, de informatização.

Diante desses dados, percebe-se que a maioria das organizações nas quais os profissionais atuam ainda não entraram realmente na “Indústria 4.0” e estão na digitalização de seus processos de SCM. Porque segundo a percepção de 45,43% dos profissionais, suas empresas estão nos níveis de informatização e conectividade em relação a integração horizontal e vertical de seus sistemas, ou seja, nos níveis 1 e 2, que pertence ao pré-estágio da Indústria 4.0 e é considerado como o estágio de digitalização.

⁵ Para obter a percepção sobre o nível de maturidade, foi questionado: “Em relação à integração vertical e horizontal dos sistemas, marque a opção que mais se assemelha a realidade na última empresa que trabalhou ou na empresa atual. A Integração horizontal é relacionada com a conexão entre os sistemas da empresa e de toda cadeia de valor externa (clientes, parceiros, fornecedores, etc.); enquanto a integração vertical permite que os sistemas internos da empresa (ERP, MES, PLM, SCADA, CLP, etc.) estejam conectados, desde o chão de fábrica até a diretoria executiva”.

Gráfico 6 –Nível da Integração Horizontal e Vertical

Fonte: Elaborada pela autora.

A informatização, que foi indicada por 14,29% dos profissionais é apenas o primeiro nível de base para a digitalização, com o uso das tecnologias da informação ainda sendo feito isoladamente, enquanto a conectividade, apontada pela maioria dos profissionais é a interligação dos sistemas dentro da empresa, ou entre diferentes empresas da cadeia logística (Schuh et al., 2017). Ainda é necessário um longo caminho para chegar a integração total das tecnologias, que conforme Silva e Kawakame (2019) trarão benefícios para todos os envolvidos na cadeia.

A pesquisa da PwC também destaca a dificuldade de fazer com que funcionários e equipes trabalhem de forma diferente como um dos principais desafios enfrentados pelas empresas na digitalização das cadeias de suprimentos (Pricewaterhousecoopers, 2022). Isso é relevante ao analisar o gráfico 6, pois sugere que a integração horizontal e vertical não é apenas uma questão tecnológica, mas também envolve mudanças culturais e organizacionais que podem ser desafiadoras para a implementação.

Por fim, os profissionais foram questionados sobre como percebem o nível de maturidade quanto aos dados coletados, se ocorrem de forma automática nos processos realizados⁶. Segundo os dados apresentados no gráfico 7, novamente o nível 2, de conectividade é o mais frequente nas empresas, conforme 34,29% dos respondentes. Em segundo lugar está a visibilidade (nível 3), que ocorre em 25,71% das empresas, segundo a percepção dos profissionais.

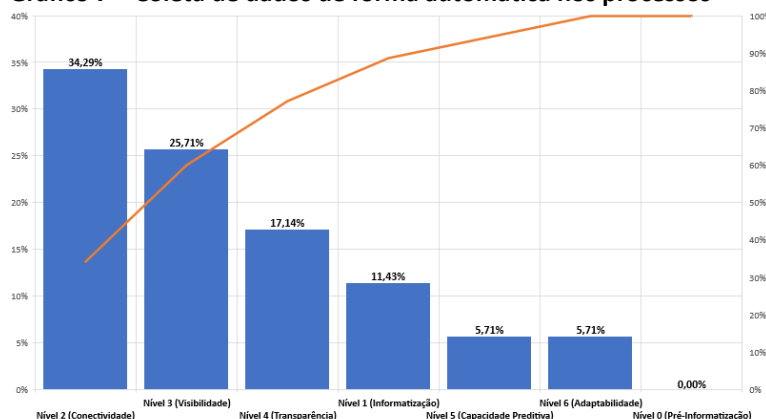
Isso pode indicar que muitas organizações já estão fazendo uso de sensores que capturam dados do processo do começo ao fim (Schuh et al., 2017). No caso de empresas varejistas que vendem por e-commerce, essa visibilidade é um fator crucial para um aumento de vantagem competitiva.

A pesquisa da PwC destaca a importância crescente dos dados nas operações da cadeia de suprimentos, mas também identifica problemas relacionados ao gerenciamento, qualidade, aquisição e manipulação de dados (Pricewaterhousecoopers, 2022). Esses desafios estão alinhados com as percepções dos profissionais conforme mostrado no gráfico 7, onde são apontados problemas como a falta de compreensão dos recursos técnicos e de

⁶ Novamente a questão levava em consideração a última empresa que trabalhou ou a empresa atual em que o profissional atua.

negócios e deficiências de software e hardware com capacidades analíticas e de processos. Isso ressalta a necessidade de abordar não apenas a coleta de dados, mas também sua gestão e utilização eficaz para obter os benefícios da digitalização na cadeia de suprimentos.

Gráfico 7 – Coleta de dados de forma automática nos processos



Fonte: Elaborada pela autora.

Segundo Monteiro (2017, *online*) “um dos principais desafios do varejo é obter visibilidade total e integrada do seu estoque”, o que significa enxergar exatamente a quantidade de cada produto em cada local, ou seja, tanto nos centros de distribuição como nas lojas. Isso é necessário não apenas para a eficiência da gestão de estoques do varejista, mas a “visibilidade dos produtos na cadeia permite melhor atendimento da demanda e reduz o risco de promoções e perda de margem em SKUs (*Stock Keeping Unit*, em português Unidade de Manutenção de Estoque) inadequados”. Uma das tecnologias que permite maior eficiência para localizar exatamente onde está cada peça ou produto é o RFID – cuja sigla deriva do inglês *Radio Frequency Identification* e se traduz como Identificação por Radiofrequência.

A tecnologia RFID possibilita monitorar componentes de produção ou bens acabados com alto nível de precisão, chegando até 100% de precisão em pedidos, assim eliminando custos de sinistros. Segundo Silveira (2018), nas lojas a tecnologia RFID pode reduzir a falta de estoques em até 80%. A tecnologia RFID já é amplamente empregada por muitas empresas brasileiras, segundo o diretor de marketing da Globalsat num dos cases mencionados por Cunha (2019, p. 60), integrado a outras tecnologias da Indústria 4.0:

A Create Sistemas, nossa parceira de negócios, desenvolveu uma solução para a otimização de todo o processo logístico do carregamento e transporte de madeira para as empresas da indústria florestal, que é típica de *IoT*, que utiliza tecnologias modernas embarcadas nas máquinas e veículos, como computador de bordo, tablets, *Radio-Frequency Identification* (RFID) e comunicação bidirecional satelital Globalstar (...).

Em face dos dados apresentados nesta pesquisa, baseados na percepção dos profissionais de SCM, constatou-se que o nível de maturidade das empresas brasileiras sob o aspecto de implantação das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 para o SCM, que levará as empresas ao que é conhecido como Logística 4.0, ainda está no princípio, resumindo-se ainda à fase de digitalização, mas com amplo uso da visualização, ou seja, entrando no nível 3 de maturidade.

4.4 Oportunidades para a Indústria 4.0 no Brasil

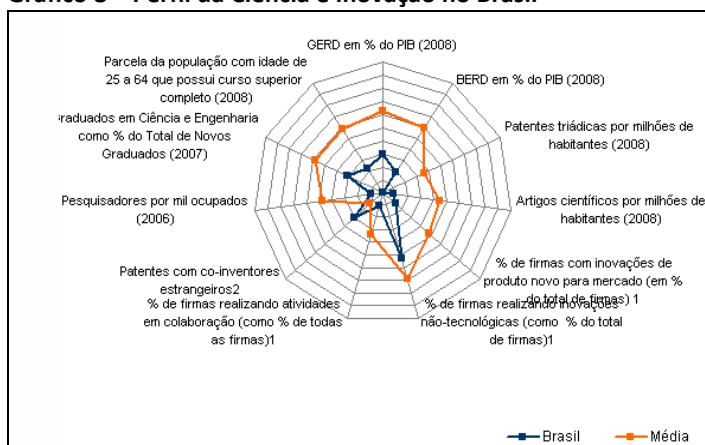
Os resultados mostraram que o Brasil possui um ambiente razoável, pois mesmo que 76% dos profissionais tenham afirmado que estão atualizados com relação à Indústria 4.0 e conhecem suas tecnologias habilitadoras, segundo a Carta IEDI (2017, online):

Quando se discutem as perspectivas do Brasil na Indústria 4.0 com profissionais ou equipes de grandes empresas provedoras de soluções 4.0, o mais comum é que elas revelem a percepção de que o Brasil é um mercado com grande potencial para as suas soluções, mas é muito raro que associem o sistema industrial brasileiro ao desenvolvimento dessas soluções ou que se vejam partícipes do processo de criação de soluções no Brasil. Dito de outro modo: na Indústria 4.0 o Brasil é mercado, não é indústria; é cliente, não é produtor (Instituto de Estudo para o Desenvolvimento Industrial – IEDI, 2017).

Logo, se o Brasil quiser evoluir em relação ao cenário atual, deverá ingressar e potencializar as oportunidades industriais existentes, consolidando as políticas industriais e investimentos para adesão da cadeia de suprimentos para a Logística 4.0.

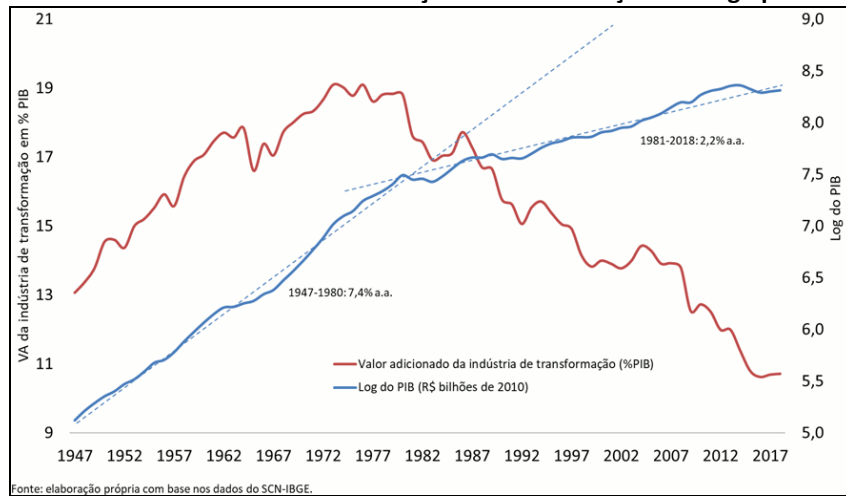
Apesar da capacidade que o país possui para aproveitar os benefícios das tecnologias habilitadoras para trazer maior transparência, capacidade preditiva e adaptabilidade às operações de *supply chain*, o país ainda possui uma grande falta de qualificação para cumprir as competências que o processo de tecnológico exige, e conforme o gráfico 8, que detalha o perfil da ciência e inovação do Brasil, sendo o GERD a sigla em inglês para Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), uma das maiores defasagens é juntamente com a produção de patentes. O país em 2018 contabilizou apenas 0,3 patentes triádicas por milhão de habitantes, e os investimentos privados em P&D corresponderam a apenas 0,5% do PIB. Para estimular a ampliação dos gastos privados brutos com P&D, o governo brasileiro pratica um generoso programa de incentivo fiscal, oferecendo abatimento de 25,5% para cada dólar aplicado em P&D (IEDI, 2011, p. 1).

Gráfico 8 – Perfil da Ciência e Inovação no Brasil



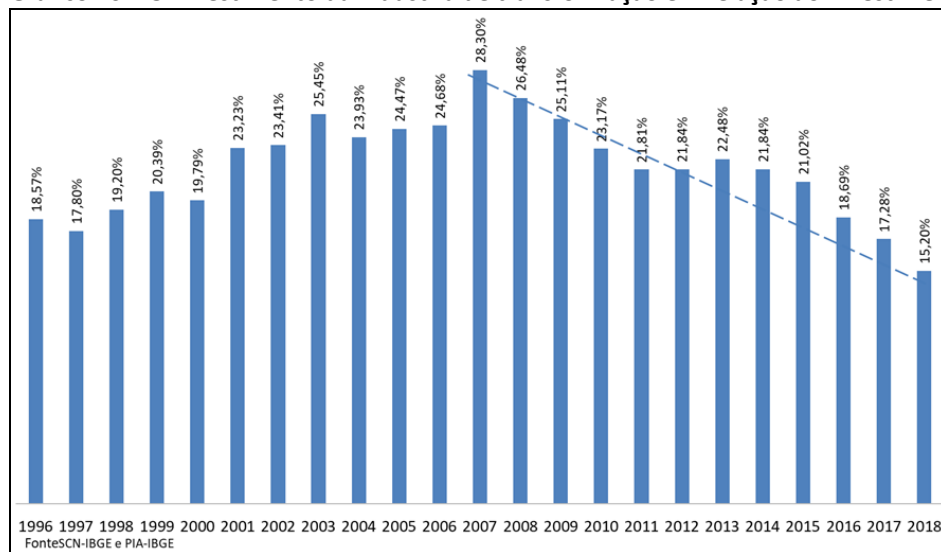
Fonte: Adaptado da Carta IEDI (2011).

Esse cenário, se estendeu numa crise econômica que começou em 2014 e ainda está enfrentando os desafios e, desde então, está limitando os investimentos, principalmente no setor industrial. A indústria nacional continua a apresentar baixo desempenho e participação decrescente no PIB conforme gráfico 9, o que leva a constantes transferências de produção para o exterior, em decorrência dos elevados custos da mão de obra.

Gráfico 9 – A indústria de transformação e o PIB: evolução de longo prazo

Fonte: Adaptado da Carta IEDI (2019a).

No gráfico 10, observa-se que mesmo havendo uma evolução favorável a novas tecnologias no período de 2003 a 2010 com o passar do tempo o investimento e a necessidade da produtividade tecnológica e do aumento da competitividade ficou aquém ao passar dos anos.

Gráfico 10 – O Investimento da indústria de transformação em relação ao investimento total

Fonte: Adaptado de IEDI (2019b).

Além disso, é necessária uma comunicação ampla entre os atores, especialmente entre as instituições públicas e privadas, para realizar ações de longo prazo no sentido de promover não apenas as tecnologias, mas garantir todo o avanço da produção manufatureira brasileira. A Alemanha, pioneira mundial em indústria e exportação de alta tecnologias, ainda continua sendo prioridade para o governo alemão, promove a produção industrial avançada por meio dos ministérios, órgãos e agências, que trabalham em parceria e cooperação com o setor privado. Incentiva também as parcerias e a cooperação entre ciência (universidades e institutos de pesquisa) e indústria (IEDI, 2017, p. 2).

No quadro 2 são apresentadas as áreas de negócios e pesquisa que fazem parte da

cadeia tecnológica da Iniciativa Alemã, a fim de contribuir com a visão Indústria 4.0.

Quadro 2 - Principais Atores na Iniciativa Alemã da Indústria 4.0

ATORES	DESCRIÇÃO
Aliança de Pesquisa Indústria-Ciência	Organizado em 2006, a Aliança de Pesquisa Indústria-Ciência é um grupo consultivo que reúne dezenove representantes da academia e do setor industrial alemão para acompanhar a Estratégia de Alta Tecnologia das iniciativas interministeriais de política de inovação.
Acatech	A Acatech é uma organização autônoma sem fins lucrativos que representa o interesse da comunidade científica e tecnológica alemã no país e no exterior.
DFKI	O Centro Alemão de Inteligência Artificial (DFKI), fundado em 1988, opera em modelo de parceria público e privado, sem fins lucrativos.
Fraunhofer-Gesellschaft	Fundada em 1949, essa organização de pesquisa, sem fins lucrativos, composta por 66 institutos e unidades independentes de pesquisa, realiza pesquisas aplicadas que impulsionam o desenvolvimento econômico e servem aos benefícios mais amplos da sociedade.
It's OWL	A estratégia de alta tecnologia It's OWL (Sistema Técnico Inteligente OstWestfalenLippe), escolhida em 2012 pelo BMBF como um dos vencedores da competição de <i>clusters</i> de tecnologia ponta, é uma rede de ciência e tecnologia industrial que tem como objetivo definir parâmetros internacionais na área de sistemas técnicos inteligentes.
Plataforma Indústria 4.0	A Plataforma Indústria 4.0 é uma iniciativa de três organizações industriais alemãs – Associação Federal de Tecnologia de Informação, Telecomunicação e Novas Mídias (BITKOM), Federação Alemã de Engenharia (VDMA) e Associação dos Fabricantes de Elétrico-Eletrônicos (ZVEI) – para atuar com ponto central de contato para as empresas e representantes dos trabalhadores, políticos e cientistas nos assuntos relacionados à Indústria 4.0.
SmartFactory KL	A iniciativa tecnológica SmartFactory KL, localizada no Centro Alemão de Inteligência Artificial (DFKI) in Kaiserslautern, é a primeira fábrica europeia de demonstração independente de fornecedores para a aplicação industrial de tecnologias de informação e comunicação de ponta.

Fonte: Elaborada pela autora.

Complementarmente às possibilidades de exploração das novas tecnologias da Indústria 4.0, as empresas devem manter ações constantes de inteligência competitiva, ou seja, de observar sistematicamente seus concorrentes, assim como o governo deve observar quais os países estão avançando com maior consistência na adoção da Indústria 4.0. A inteligência competitiva é uma abordagem estratégica para coletar informações importantes e fundamentais sobre os concorrentes e o mercado, seja para a tomada de decisões de curto ou longo prazo. As informações competitivas podem ser coletadas formal ou informalmente e devem incluir o ambiente externo como um todo, sendo que, devido às fronteiras cada vez mais difusas entre diferentes setores, é importante que as empresas monitorem não apenas os seus concorrentes diretos, mas que procurem por necessidades ainda não atendidas pelo mercado.

A inteligência da empresa pode ajudá-la a decidir se entrará ou não em um mercado, se irá descontinuar a fabricação de determinado produto ou até mesmo se irá desenvolver um produto inovador devido ao desenvolvimento de tecnologias próprias e revolucionar o mercado, sendo que muitas vezes a empresa pode criar um novo segmento de consumo. A inteligência competitiva abrange muito mais do que as pesquisas de mercado, que possuem um enfoque mais específico, como identificar preferências dos consumidores ou suas necessidades e desejos latentes. Um dos elementos importantes que devem constar nas

ações de inteligência competitiva é o monitoramento das novas tecnologias, mesmo que algumas não sejam empregadas pela empresa.

Desde o surgimento da internet e das tecnologias de conexão móveis, muitas empresas incorporaram diversas inovações em suas atividades e o mesmo está ocorrendo com as tecnologias da Indústria 4.0. Assim, a área de inteligência competitiva em uma empresa tanto deve monitorar essas tecnologias como deve absorvê-las para empregá-las em suas ações de inteligência. Atualmente, é praticamente impossível pensar em empresas que trabalhem com uma grande quantidade de clientes e dados e que não façam uso de algum sistema de relacionamento com os clientes, no mínimo os CRMs, mas que cada vez mais, vem sendo incorporados com *Big Data*, algoritmos e computação em nuvem.

O diferencial das ações eficazes de inteligência competitiva é descobrir particularidades sobre o concorrente que possam ter relação com o desenvolvimento de novos produtos ou mesmo inovações que serão incorporadas a produtos existentes. Portanto, é importante que as empresas participem de feiras de negócios e de associações empresariais e de setor, ou que integrem missões de comércio exterior, para manter o contato próximo com os concorrentes. Nesse aspecto, o Brasil vem impulsionando uma melhor aproximação das empresas com as tecnologias e capacitação, por meio de missões de prospecção internacional como as promovidas pelo SENAI (Feira Hannover Messe, 2019).

Algumas questões importantes sobre novas estratégias de negócios podem surgir desses encontros, como a desregulamentação de setores, mudanças tecnológicas ou alianças inesperadas entre concorrentes. Alguns elementos-chave a serem observados podem ser: mudanças na contratação ou demissão de pessoal em um concorrente, que podem denotar uma mudança tecnológica ou a saída e entrada em novos mercados. Além disso, é recomendável ter acesso a estudos econômicos, demográficos e políticos detalhados, frequentemente compilados por empresas de pesquisa especializadas, pois podem conter informações importantes.

A partir da descoberta de estratégias concorrenciais é que a empresa verifica se vai ou não reagir ao concorrente. Assim, o objetivo para uma inteligência de negócios eficaz é impulsionar o diálogo contínuo com o planejamento estratégico, que fica no topo da organização. Em outras palavras, de nada adianta ter um departamento que identifique as ações do concorrente, como adoção de determinada tecnologia que poderá torná-lo mais competitivo e não agir para ter uma resposta a isso. Portanto, é necessário que sejam especificadas as alternativas de ação fundamentais a serem trabalhadas e deve-se iniciar o processo de sensibilização sobre a mudança de estratégias.

Em seguida, as contribuições internas e externas devem ser consideradas para o desenvolvimento de novos produtos ou serviços, para aproveitamento de oportunidades de mercado ou para não ficar atrás da concorrência. Um exemplo brasileiro sobre a participação de duas empresas nas quais houve colaboração tanto interna como externamente é o caso da SAP e Incor, pois a SAP aproveitou uma ideia surgida a partir de um protótipo premiado em uma feira de inovação e se juntou à Incor para o desenvolvimento de um sistema para o monitoramento de UTI que integra dados de diversos sistemas de monitoramento médicos e análises dos próprios profissionais que cuidam dos pacientes, como os médicos e enfermeiros.

O sistema denominado *Smart Care Unit*, desenvolvido pela empresa SAP e o instituto do Coração do Hospital das Clínicas (InCor), da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo é um sistema para monitoramento de UTI, que integra em tempo real os dados de

diversos aparelhos empregados no tratamento dos pacientes de UTI, com as informações médicas de apoio aos procedimentos clínicos (Guerra, 2017).

O InCor possui o maior centro de UTI cardiopneumológica de alta complexidade da América Latina e é referência mundial em cardiologia e pneumologia do mundo como um dos principais centros de transplante de coração e pulmão. Devido à complexidade das informações necessárias para o monitoramento em uma UTI, uma equipe interdisciplinar de desenvolvimento composta por especialistas da SAP e do time de inovação do InCor trabalharam nessa parceria de co-inovação para encontrar a melhor solução para o monitoramento em tempo real do quadro clínico dos doentes internados para tratamento intensivo (Guerra, 2017).

De acordo com o diretor de Inovação e do Centro de Experiência do Cliente do SAP Labs, Daniel Duarte:

Primeiro, enviamos uma equipe do Laboratório de Desenvolvimento da SAP ao InCor para observar exatamente como os médicos, enfermeiros, fisioterapeutas e outros profissionais de saúde do hospital interagem na UTI. Também, pudemos compreender a complexidade que é tratar pacientes em um hospital com o tamanho e o dinamismo do InCor (Ogeda, 2017).

A solução desenvolvida pela equipe interdisciplinar é instalada em um minicomputador semelhante aos monitores utilizados na UTI, e possui a tecnologia de processamento de informações em tempo real SAP HANA, integrando os dados dos equipamentos de suporte clínico, por meio de IoT, e também os dados do prontuário eletrônico do paciente, realizando análise inteligente das informações. Assim, a evolução de cada paciente é monitorada e a tomada de decisões pode ser feita rapidamente, com maior segurança e eficiência de tempo no trabalho das equipes de atendimento na UTI, especialmente para a equipe de enfermagem (Guerra, 2017).

A estrutura do SAP HANA usa ferramentas avançadas para análise aprofundada de dados presentes, passados e futuros, o que auxilia na previsão e nas análises humanas permitindo tomar melhores decisões e obter maior desempenho. O *Smart Care Unit* consiste então em uma solução integrada com tecnologia IoT e uma interface de usuário inteligente da SAP. Cada paciente recebe a atribuição de uma nota de risco dada pelo *Smart Care Unit* desde o momento da internação na UTI, que indica os níveis de gravidade de saúde e monitora/alerta sobre administração de drogas vasoativas e indica os exames e culturas pendentes. O *Smart Care Unit* possui ainda um alarme de tendência programada, protocolos e/ou diretrizes disponíveis, a partir do diagnóstico e classificações de risco com um resumo do quadro clínico do paciente.

O governo brasileiro poderá auxiliar para identificar as possíveis associações entre empresas, para criar um produto ou serviço novo, ou ainda criar uma nova empresa. E isso pode ser identificado facilmente a partir de informações públicas já que as empresas são obrigadas a divulgar informações sobre assuntos que vão desde finanças e estoques até o cumprimento de uma série de exigências regulatórias, incluindo questões legais, trabalhistas e ambientais. Há documentos disponíveis publicamente com este tipo de informações já que as grandes empresas acabam divulgando informações diariamente para clientes, estudantes, analistas do setor, possíveis parceiros de *benchmarking*, pesquisadores, governo, fornecedores, associações de interesse público e de comércio, além da mídia.

Em termos das tecnologias que vem sendo adotadas com a Indústria 4.0, a captura, mineração e tratamento de uma grande quantidade de dados com a possibilidade do *Big*

Data é uma das formas pelas quais as empresas podem monitorar a concorrência e os hábitos dos clientes e captar ideias para novos produtos ou serviços. Até mesmo pelas próprias redes sociais é possível identificar as expectativas dos clientes sobre como os produtos deveriam ser. No entanto, para que as empresas possam adotar as tecnologias da Indústria 4.0 com eficácia, é necessário que estejam dispostas a alterar rapidamente seus modelos de negócio atuais ou, ao menos, devem estar dispostas para adotar mudanças estratégicas e aproveitar as oportunidades de mercado que surgirem.

Algumas mudanças estratégicas podem ser mais rápidas e, ao invés de serem mudanças ou inovações radicais, podem começar por ajustes no planejamento estratégico da empresa, como optar por uma ampliação em sua cadeia de produção ou pelo aprimoramento de seus serviços. Mas se uma empresa não conseguir responder a mudança de mercado de maneira oportuna e positiva, é provável que ela sofra pela pressão dos competidores que explorarem melhor as oportunidades.

Diante da pesquisa realizada neste trabalho, foi possível perceber que as atuais indústrias brasileiras que estiverem comprometidas com a busca de uma transformação eficiente de suas operações empregando as tecnologias da Logística 4.0 necessitam de capacitação e ousadia para, de certa forma, fazer uma aposta em novos desenvolvimentos de produtos para colher os investimentos no futuro, o que se trata de um grande desafio. Para isso o profissional do setor deve entender os principais desafios do SCM bem como a cadeia de valor, iniciando com a quebra de paradigmas e analisando a causa raiz do problema, com base na visão do cliente, buscando acompanhar a evolução das tecnologias e tendências de TI e TA para a SCM, com o foco no modelo de planejamento integrado. E as empresas que não estiverem dispostas a enfrentar esses desafios poderão até mesmo ser extintas.

Com o passar do tempo, haverá uma crescente pressão para atender às novas demandas dos clientes e empregar as tecnologias avançadas trazidas pela Indústria 4.0. Isso exige recursos humanos cada vez mais qualificados, capazes de acompanhar e participar dessa tendência de mercado. Assim, as pessoas capazes de lidar com essas tecnologias, ou mesmo desenvolver novas tecnologias avançadas que trabalhem em sistemas ciberfísicos, além de habilidades como o trabalho em equipe serão cada vez mais necessárias. O país precisa investir na criação de talentos inovadores, os quais serão cada vez mais urgentes, já que os capitais humanos inovadores ainda são escassos no país.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da virada do milênio, devido aos diversos avanços tecnológicos passou a se evidenciar o que se denomina de Quarta Revolução Industrial, que se sustenta em desenvolvimentos e em princípios que orientam o conceito de Indústria 4.0. Esses princípios são a interoperabilidade, a virtualização, a descentralização, a capacidade de operação em tempo real, a orientação aos serviços e a modularidade. A interoperabilidade é a capacidade de comunicação entre humanos-máquinas e entre máquinas-máquinas nas linhas de produção com os sistemas ciberfísicos. Esses sistemas podem conectar e permitir a comunicação em tempo real entre todos os envolvidos na produção por meio da internet das coisas e da internet dos serviços.

A integração das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 e suas aplicações para a área de logística, cada uma das tecnologias leva a uma maior integração da cadeia de suprimentos, o que está ligado ao conceito de SCM. Diante desse contexto, este trabalho

apresentou uma análise preliminar do impacto da Indústria 4.0 no SCM. O objetivo principal da pesquisa foi de identificar os desafios do SCM diante das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0, sob a percepção de profissionais que atuam ou possuem ligação direta com a cadeia de suprimentos. A pesquisa teve uma amostra de 51 respondentes, composta por profissionais atuantes direta e indiretamente na área de gestão da cadeia de suprimentos e logística, da etária entre 20 a 39 anos.

Concluiu-se que a maior parte dos profissionais tem conhecimento sobre as tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0, sendo que consideram o *Big Data* e *analytics*, a Integração Horizontal e a Integração Vertical como as tecnologias habilitadoras com maior integração na cadeia de *supply chain*. Constatou-se ainda que o nível de maturidade das empresas brasileiras sob o aspecto de implantação das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 para o SCM ainda está no princípio, ou seja, na fase de digitalização, mas com amplo uso da visualização, ou seja, entrando no nível 3 de maturidade. Portanto, as empresas ainda têm um longo caminho a percorrer para chegar à Logística 4.0,

Para as empresas se destacarem em seu mercado de atuação, precisarão, fundamentalmente, atuar em seus suportes tecnológicos explorando cada um dos elementos mencionados nesse trabalho. A modularidade, a orientação ao serviço e os demais elementos que orientam a aplicação do conceito de Logística 4.0 visam, sobretudo, a utilização de toda e qualquer fonte de informação e conhecimento proveniente do mercado consumidor associado às diversas interações na cadeia produtiva. Seu uso deve ocorrer com um único fim: a tomada de decisão que facilite a personalização e a velocidade no atendimento das múltiplas demandas que chegam até essas empresas. Apenas com sistemas orientados a essa direção é possível dar as empresas algum protagonismo nesse contexto de estudo.

Sob um aspecto geral, percebeu-se pela pesquisa que a Indústria 4.0 irá afetar praticamente todos os setores e apresenta benefícios óbvios para as indústrias de manufatura tradicionais, que estão sempre em busca de redução de custos e maior eficiência, e, portanto, usam tecnologias atualizadas para seus negócios. Talvez ocorra o colapso de algumas empresas ou mesmo a reinvenção de outras empresas e setores (como o que aconteceu, por exemplo, com a indústria de equipamentos de fotografia e com as gravadoras de música com a digitalização e as trocas de conteúdos pela internet), caso haja falta de capacidade de inovação pelas indústrias.

Além disso, a produção inteligente pode economizar incrivelmente os recursos humanos e o tempo de trabalho necessário para execução de algumas tarefas como a análise de uma grande quantidade de dados. A Indústria 4.0 pode economizar recursos, melhorar a eficiência da produção e, eventualmente, beneficiar as pessoas com os lucros do crescimento econômico, que terão mais tempo para atividades que não sejam repetitivas, já que essas ficarão ao encargo das máquinas e sistemas ciberfísicos.

Como limitações da pesquisa estão a amostra pequena, visto a necessidade de incluir indivíduos com conhecimento prévio a respeito do tema abordado, em conjunto das experiências organizacionais, que estão no caminho da implantação da Logística 4.0. Por consequência, os resultados desta pesquisa não podem ser inferidos para a população. As oportunidades de aplicação de análise de dados com *Big Data* e *analytics* associadas a software e sensores inteligentes no fluxo dos materiais da cadeia de produção podem ser explorados em pesquisas futuras.

REFERENCIAS

AXONDATA. São Paulo, 2017. Disponível em: <https://www.axondata.com.br>. Acesso em: 15 nov. 2020.

BALLOU, Ronald H. **Logística empresarial**: transporte, administração de materiais e distribuição física. São Paulo: Atlas, 1993.

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da cadeia de suprimento**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI. **Desafios para a Indústria 4.0 no Brasil**. Brasília: CNI, 2016.

CRESWELL, John W. **Projeto de pesquisa**: métodos qualitativo, quantitativo e misto. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

CUNHA, Sandra. A logística na era 4.0: empresas se preparam para a transformação, com o implemento de novas tecnologias e mudanças de paradigmas. **Revista Mundo Logística**, v. 70, n. 1, p. 54-67, mai./jun. 2019.

FEIRA HANNOVER MESSE. **Tendências tecnológicas**: prospecção internacional - Missão Alemanha SIESCOMET. São Paulo: SENAI, 2019.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

GUERRA, A. R. SAP e Incor desenvolvem solução para monitoração de UTI. **BiT Magazine**. 12 mar. 2017. Disponível em: http://www.bitmag.com.br/2017/03/sap-e-incor-desenvolvem-solucao-para-monitoracao-de-uti/?inf_by=5a611fd1671db806688b48ad. Acesso em: 3 fev. 2021.

HASAN, Nasser Mahmoud; REIS, Jhonathan Davi da Silva. Organizações inovadoras que utilizam a Revolução 4.0. **Interfaces Científicas - Exatas e Tecnológicas**, Aracaju, v. 2, n. 3, p. 9-20, fev. 2018.

INSTITUTO DE ESTUDO PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – IEDI. **A indústria do futuro, no Brasil e no mundo**. Carta IEDI, ed. 450, 14 jan. 2011. Disponível em: https://iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_450.html. Acesso em: 26 fev. 2021.

INSTITUTO DE ESTUDO PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – IEDI. **Indústria 4.0**: desafios e oportunidades para o Brasil. Carta IEDI, ed. 797, 21 jul. 2017. Disponível em: https://www.iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_797.html. Acesso em: 31 mar. 2021.

INSTITUTO DE ESTUDO PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – IEDI. **Indústria de Transformação**: Investimento, Produtividade e Lucro. Carta IEDI, ed. 943, 16 ago. 2019a. Disponível em: https://iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_943.html. Acesso em: 26 fev. 2021.

INSTITUTO DE ESTUDO PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – IEDI. **A indústria do futuro, no Brasil e no mundo**. 11 mar. 2019b. Disponível em:

https://iedi.org.br/artigos/top/estudos_industria/20190311_industria_do_futuro_no_brasil_e_no_mundo.html. Acesso em: 26 fev. 2021.

LORENZ, Markus; RÜßMANN, Michael; WALDNER, Manuela; ENGEL, Pascal; HARNISCH, Michael; JUSTUS, Jan. **Industry 4.0: the future of productivity and growth in manufacturing industries**. The Boston Consulting Group: BCG, 2015. Disponível em:

https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries. Acesso em: 15 nov. 2020.

MONTEIRO, Fernanda. Visibilidade do estoque no omnichannel – O caso da Macy’s.

Insights, 01 set. 2017. Disponível em: <https://www.ilos.com.br/web/visibilidade-do-estoque-no-omnichannel-o-caso-macys/>. Acesso em: 12 jan. 2021.

MORAIS, Ramos de Roberto; MONTEIRO, Rogério. **Indústria 4.0: impactos na gestão de operação e logística**. São Paulo: Mackenzie, 2019.

OGEDA, R. SAP e InCor desenvolvem Smart Care Unit. **Blog ERP Brasil**. 06 abr. 2017.

Disponível em: <https://www.intergate.net.br/blog/sap-e-incor-desenvolveram-o-smart-care-unit/>. Acesso em: 3 fev. 2021.

PRICEWATERHOUSECOOPERS. **Pesquisa PwC sobre tendências digitais na cadeia de suprimento 2022**. Disponível em: <https://www.pwc.com.br/pt/estudos/setores-atividade/producao-industrial/2022/pesquisa-tendencias-digitais-cadeia-de-suprimento-2022.html>. Acesso em: 21 fev. 2024.

SCHUH, Günther; ANDERL, Reiner; DUMITRESCU, Roman; KRÜGER, Antonio; Hompel, Michael ten. **Industrie 4.0 maturity index: managing the digital transformation of companies** – Acatech Study. Munich: Herbert Utz Verlag, 2017.

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

SILVA, Eduardo Filipe da; KAWAKAME, Marcelo dos Santos. Logística 4.0: desafios e inovações. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 9. [Anais...] p. 1-11, 2019. Ponta Grossa, PR: ABEPRO – Associação Paranaense de Engenharia de Produção.

SIMCHI-LEVI, David; KAMINSKY, Philip; SIMCHI-LEVI, Edith. **Cadeia de suprimentos projeto e gestão: conceitos, estratégias e estudos de caso**. Porto Alegre: Bookman, 2003.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que direta ou indiretamente fizeram parte de minha formação, e contribuíram significativamente para meu desenvolvimento nesse artigo.

Sobre os(as)Autores(as)

i Mayla Cristine Ananias Saito



Possui graduação em Engenharia de Produção Mecânica pela Faculdade Universidade Paulista (2016), Pós-Graduação em Gestão de Projetos Aplicados à Inovação da Indústria 4.0 pela Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica (2020). Tem experiência na área de Engenharia Industrial, com ênfase em Gestão e Projeto de Inovação e Indústria 4.0 e Melhoria Contínua. É especialista de projetos voltados a melhoria contínua, inovação e Indústria 4.0. <https://orcid.org/0009-0004-5423-3640>

ii Mauro Carlos Andreassa



Com formação em Física e cursos de especialização em Economia e Administração, professor associado no Instituto Mauá de Tecnologia, possui vasta experiência na Indústria Automobilística, incluindo funções de gerência em áreas como Qualidade, Desenvolvimento de Produto e Engenharia Industrial. Com mais de 40 anos de experiência na Ford Motor Company Brasil e Autolatina, ele também ministra aulas em diversas disciplinas de graduação e pós-graduação, incluindo Administração, Engenharia Automobilística, Lean Production e Inteligência Artificial aplicada na Indústria 4.0. <https://orcid.org/0009-0000-6320-7082>

iii Jorge Antonio Giles Ferrer



Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Mestre em Engenharia Mecânica pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – USP. Engenheiro Mecânico pela Pontificia Universidad Católica del Perú. Possui Licenciatura plena em pedagogia para Educação Profissional em ensino médio, pela Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP. Atualmente é docente da Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica em São Caetano do Sul SP. <https://orcid.org/0000-0002-4698-3968>

iv José Roberto dos Santos



Docente do ensino superior, graduação e pós-graduação na Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica, além de assessorar o Instituto SENAI de Tecnologia Metalmeccânica em Projetos de Indústria 4.0. Possui pós-graduação em Segurança da Informação, graduação em Tecnologia da Informação e bacharelado em Sistema da Informação, bem como formação em Automação Industrial. Seu expertise inclui segurança da informação, administração de redes Windows e Linux e Automação Industrial. <https://orcid.org/0009-0001-0601-8469>