

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA  
Faculdade de Tecnologia da Praia Grande  
Curso Superior de Tecnologia em Comércio  
Exterior

FERNANDA SILVA DIAS  
TAUANI DA SILVA ANDRADE  
THAWANY DULCE FERREIRA FELIX

IMPACTO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA LOGÍSTICA DE ARMAZÉNS PARA A  
EFETIVIDADE DO COMÉRCIO EXTERIOR

Praia Grande  
Dezembro/2024

FERNANDA SILVA DIAS  
TAUANI DA SILVA ANDRADE  
THAWANY DULCE FERREIRA FELIX

IMPACTO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA LOGÍSTICA DE ARMAZÉNS PARA A  
EFETIVIDADE DO COMÉRCIO EXTERIOR

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Faculdade de Tecnologia  
da Praia Grande, como exigência parcial  
para obtenção do título de Tecnólogo em  
Comércio Exterior.

Orientador: Profº Me Denilson Luiz de Carvalho

Praia Grande  
Dezembro/2024

# **IMPACTO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA LOGÍSTICA DE ARMAZÉNS PARA A EFETIVIDADE DO COMÉRCIO EXTERIOR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Tecnologia de Praia Grande, como exigência parcial para obtenção do título de tecnólogo em Comércio Exterior.

**Praia Grande, 13 de Dezembro de 2024.**

## **Banca Examinadora**

PROF<sup>o</sup> Me DENILSON LUIZ CARVALHO  
(orientador)  
Faculdade de Tecnologia de Praia Grande

Prof<sup>a</sup> Me Lais Mariana Do Nascimento  
(Professora convidada)  
Faculdade de Tecnologia de Praia Grande

Prof<sup>o</sup> Me Abner Evaldo de Barros  
(Professor convidado)  
Faculdade de Tecnologia de Praia Grande

Aos nossos pais, pelo amor e palavras de incentivo, e aos professores, cuja orientação e dedicação foram fundamentais para a realização deste trabalho. Agradecemos profundamente pelo carinho e apoio.

Aos nossos pais, que nos educaram com tanto carinho e dedicação.

Aos nossos professores, pela contribuição essencial na nossa formação profissional.

Aos nossos orientadores e coorientadores, pela valiosa orientação e pelo empenho na realização deste trabalho.

Aos nossos cônjuges, pelo apoio incondicional e incentivo constantes.

E, por fim, a nós mesmas, por termos nos apoiado umas às outras, sem desistir uma da outra, mesmo nos momentos mais difíceis. Só nós três sabemos o quão desafiador foi, mas também gratificante, alcançar a conclusão deste trabalho com êxito.

“A criação bem-sucedida de inteligência artificial seria o maior evento na história da humanidade. Infelizmente, pode também ser o último, a menos que aprendamos a evitar os riscos.”  
(Stephen Hawking, 2014, entrevista BBC )

## RESUMO

ANDRADE, Tauani da Silva; DIAS, Fernanda Silva, FELIX, Thawany Dulce Ferreira;. **IMPACTO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA LOGÍSTICA DE ARMAZÉNS PARA A EFETIVIDADE DO COMÉRCIO EXTERIOR.** N° 44. páginas. Trabalho de Conclusão de Curso. Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, Curso Superior de Tecnologia em Comércio Exterior.

Faculdade de Tecnologia da Praia Grande, Praia Grande, 2024.

Com o crescente aumento das demandas na cadeia de suprimentos, devida a globalização, a necessidade da aplicação de inovações tecnológicas tem se tornado cada vez mais presente nas indústrias. Por essas razões, a 4° revolução industrial é fomentada, com a utilização da inteligência artificial nos processos de uma empresa, auxiliando na coleta de dados de produtividade, agilidade nos processos e previsões futuras do status da empresa. Utilizando métodos de pesquisas bibliográficas, de matérias já publicadas e autores que abordam esse tema tão atual, este trabalho apresenta os diferentes tipos de Inteligência artificial, e como ela transforma os processos operacionais, de acordo com as suas limitações. Também exploramos os tipos de armazéns e estruturas utilizadas para gerenciar os estoques disponíveis, abordando os impactos que a IA proporciona nas operações logísticas desses ambientes, desde do recebimento das mercadorias, processo de separação dos pedidos e expedição, demonstrando em caso real, as soluções tecnológicas que foi aplicada ao armazém de Bem Brasil, e como a IA impactou na sua produção. Desse modo, a aplicação da Inteligência artificial se torna fundamental para a competitividade das empresas, especialmente no mercado internacional.

**Palavras-chave:** Inteligência Artificial, Armazéns, Logística.

## **ABSTRACT**

**ANDRADE, Tauani da Silva; DIAS, Fernanda Silva; FELIX, Thawany Dulce Ferreira;** *Impact of Artificial Intelligence on Warehouse Logistics for the Effectiveness of International Trade. Final Paper, No. 44, pages. Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, Bachelor's Degree in International Trade Technology, Faculdade de Tecnologia da Praia Grande, Praia Grande, 2024.*

*With the increasing demands in the supply chain, driven by globalization, the need for the application of technological innovations has become increasingly present in industries. For these reasons, the 4th Industrial Revolution is being fostered, with the use of artificial intelligence in company processes, assisting in the collection of productivity data, process agility, and future predictions of the company's status. Using bibliographic research methods, based on previously published materials and authors who address this current topic, this research presents the different types of artificial intelligence and how it transforms operational processes according to its limitations. We also explore the types of warehouses and structures used to manage available stock, addressing the impacts that AI has on the logistics operations of these environments, from receiving goods, order picking, and shipping, demonstrating, in a real case, the technological solutions applied at the Bem Brasil warehouse, and how AI impacted its production. In this way, the application of artificial intelligence becomes essential for the competitiveness of companies, especially in the international market.*

**Keywords:** *Artificial Intelligence, Warehouses, Logistics.*

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

**ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas

**AGI** – Inteligência Artificial Geral

**ANI** – Inteligência Artificial Limitada

**FATEC PG** – Faculdade de Tecnologia Praia Grande

**IA** – Inteligência Artificial

**IoT** – Internet das Coisas

**NFC** – Near Field Communication (Comunicação por Campo de Aproximação)

**TMS** – Transport Management System (Sistema de Gerenciamento de Transporte)

**WMS** – Warehouse Management System (Sistema de Gerenciamento de Armazéns)

## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO.....  | 12 |
| 1.1 JUSTIFICATIVA.....   | 13 |
| 1.2 PROBLEMA DA PESQUISA.....  | 13 |
| 1.2.1 Hipóteses e suposições.....  | 14 |
| 1.3 OBJETIVOS.....   | 14 |
| 1.3.1 Objetivo geral.....  | 14 |
| 1.3.2 Objetivos específicos.....   | 14 |
| 1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....                                       | 15 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO.....   | 16 |
| 2.1 COMÉRCIO EXTERIOR.....   | 17 |
| 2.2 ARMAZÉNS.....  | 18 |
| 2.2.1 Armazém Geral.....   | 18 |
| 2.2.2 Armazém Alfandegado.....   | 19 |
| 2.2.3 Operador Logístico.....  | 19 |
| 2.3 ESTRUTURA DOS ARMAZÉNS.....  | 20 |
| 2.3.1 Porta Palet.....   | 20 |
| 2.3.2 Mini Porta Palete.....   | 20 |
| 2.3.3 MiniLoad.....  | 21 |
| 2.3.4 Mezanino.....  | 21 |
| 2.3.5 Push Back.....   | 21 |
| 2.3.6 Flow Rack.....   | 21 |
| 2.3.7 Drive –in e Drive-through.....                                       | 21 |
| 2.3.8 Dinâmico.....  | 21 |
| 2.3.9 Autoportante para empilhadeiras.....                                 | 22 |
| 2.3.10 Autoportante com transelevador.....                                 | 22 |
| 2.3.11 Inteligência Artificial nos Armazéns Autoportantes.....             | 22 |
| 2.4 ESTOCAGEM.....   | 23 |
| 2.5 INDÚSTRIA 4.0.....   | 23 |
| 2.6 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL.....   | 25 |
| 2.6.1 Inteligência Artificial Limitada (ANI).....                          | 25 |
| 2.6.2 Inteligência Artificial Geral (AGI).....                             | 26 |
| 2.7 LOGÍSTICA.....   | 26 |
| 2.8 GLOBALIZAÇÃO.....  | 27 |
| 2.9 INTERNET DAS COISAS.....   | 28 |
| 3 ANÁLISE DOS IMPACTOS DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA LOGÍSTICA DE ARMAZÉNS |    |
| 30   |    |
| 4.1 BENEFÍCIOS DA IMPLEMENTAÇÃO DA IA.....                                 | 30 |
| 4.2 DESAFIOS E BARREIRAS NA ADOÇÃO DA IA.....                              | 30 |
| 4.3 EXEMPLO REAL – BEM BRASIL.....   | 32 |
| 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....  | 37 |
| REFERÊNCIAS.....   | 39 |

## 1 INTRODUÇÃO

A rápida evolução tecnológica e a globalização econômica, iniciadas na década de 1980, trouxeram a inteligência artificial (IA) para o centro das transformações no comércio exterior, promovendo uma reestruturação dos processos, otimizando a logística e fortalecendo a competitividade empresarial. Esse cenário se desenvolve no contexto da Quarta Revolução Industrial, um período caracterizado pelo avanço acelerado das tecnologias, que está remodelando profundamente a maneira como produzimos, consumimos e interagimos com o mundo ao nosso redor. (SCHWAB,2016)

O conceito de Quarta Revolução Industrial foi introduzido por Klaus Schwab, fundador do Fórum Econômico Mundial, em 2016. Em seu livro "A Quarta Revolução Industrial", Schwab afirma que essa revolução permitirá um aumento significativo em nossa capacidade de resolver externalidades negativas, ao mesmo tempo em que potencializa o crescimento econômico. Com sua chegada, tecnologias como sistemas cibernéticos, inteligência artificial, Internet das Coisas (IoT) e big data estão redefinindo não apenas a produção industrial, mas também os modelos de negócios, a cadeia de suprimentos e as estratégias de mercado.

Nesse contexto, o cientista da computação Andrew Ng (2017 p.34) destaca que IA abre novas oportunidades no comércio internacional, permitindo, por exemplo, otimização de rotas, previsão de demanda e automação de processos.

No setor logístico, o impacto da inteligência artificial tem sido amplamente discutido, dada sua influência transformadora nos processos operacionais. Ferramentas como o WMS (Warehouse Management System) e o TMS (Transport Management System) trazem informações valiosas para a gestão de cadeias de suprimentos, previsão de demanda, identificação de oportunidades de mercado e otimização de rotas de transporte, permitindo uma tomada de decisão eficiente, orientada por dados (HFL LOGÍSTICA, 2022).

A integração da inteligência artificial no comércio exterior e na logística representa um marco na Quarta Revolução Industrial, oferecendo oportunidades para aprimorar a eficiência, inovação e competitividade das empresas (SCHWAB,2016). Esta monografia busca explorar os impactos e desafios dessa transformação.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Uma gestão logística eficiente – incluindo a armazenagem – é essencial para assegurar vantagem competitiva no comércio exterior, pois contribui significativamente para a economia das empresas, facilitando o fluxo de bens e serviços entre países. No entanto, esse cenário enfrenta desafios cada vez mais complexos devido à crescente sofisticação das cadeias de suprimentos, à demanda por sistemas de armazenagem ágeis, à pressão dos consumidores por entregas mais rápidas e à necessidade de reduzir custos operacionais (BALLOU, 2006).

Nesse contexto, a inteligência artificial (IA) desponta como uma ferramenta promissora para otimizar os processos logísticos, especialmente na gestão de armazenagem e controle de estoque, proporcionando ganhos substanciais em eficiência operacional. Contudo, embora a IA possua um grande potencial transformador, ainda há uma lacuna significativa em relação ao entendimento de seus impactos econômicos e sociais específicos (BALLOU, 2006).

Dessa forma, esta monografia justifica-se pela necessidade de aprofundar o conhecimento sobre o papel da IA na logística, com ênfase especial na logística de armazéns, abordando tanto as oportunidades quanto os desafios que ela traz. A análise crítica desses impactos permitirá uma compreensão mais clara de como a IA, aliada a softwares avançados, vem transformando os sistemas de armazenagem e gerenciamento de estoque nas empresas.

## 1.2 PROBLEMA DA PESQUISA

Com a constante demanda por eficiência e agilidade nos processos logísticos, as empresas estão buscando cada vez mais soluções inovadoras para a gestão de seus armazéns. Nesse contexto, a inteligência artificial (IA) surge como uma ferramenta promissora, capaz de otimizar operações, reduzir custos e melhorar a precisão das atividades. No entanto, é essencial compreender como a implementação dessas tecnologias impacta diretamente a eficiência operacional, considerando desafios como o custo de adoção, a necessidade de capacitação da equipe e a integração com sistemas existentes. Este estudo busca analisar os efeitos práticos da IA na logística de armazéns, avaliando seus benefícios e limitações na busca por maior competitividade no mercado.

### 1.2.1 Hipóteses e suposições

Com o objetivo de otimizar processos que levariam dias ou até meses para serem concluídos manualmente, a Inteligência artificial tem se destacado cada vez mais, abrangendo uma transformação em todos os setores do mundo, principalmente na logística do comércio internacional. No entanto, à medida que a Inteligência artificial se torna mais autônoma, algumas questões sempre entram em discussão, pois a tecnologia requer mão de obra qualificada, o que gera uma preocupação sobre o aumento da taxa de desemprego, impactando a subsistência de várias famílias.

A hipótese central deste estudo é que, em um futuro próximo, atividades rotineiras no comércio exterior estarão amplamente automatizadas, com softwares que não apenas realizam tarefas operacionais, mas também identificam erros e fraudes de forma autônoma.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo geral

Analisar o impacto da inteligência artificial na efetividade operacional da logística de armazéns, com o intuito de identificar oportunidades para aprimorar processos e mitigar desafios decorrentes dessa transformação tecnológica.

### 1.3.2 Objetivos específicos

Investigar as principais tecnologias de Inteligência Artificial atualmente aplicadas na logística de armazéns, destacando suas características, funcionalidades e exemplos de aplicação.

Entender os possíveis impactos da Inteligência Artificial em processos logísticos.

Analisar os efeitos da inteligência artificial na redução de custos operacionais e no aumento da eficiência logística, especialmente no comércio internacional, considerando aspectos como tempo de entrega, precisão de previsões e aproveitamento de recursos.

#### 1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente estudo adotou o procedimento metodológico bibliográfico, com base na análise de materiais já publicados, como livros, artigos científicos e relatórios técnicos, relacionados à aplicação da inteligência artificial na logística de armazéns. A pesquisa foi conduzida a partir de um levantamento em bases de dados acadêmicas, considerando publicações dos últimos anos, priorizando autores e estudos que abordassem os impactos operacionais da tecnologia no setor logístico.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção introduz uma série de conceitos fundamentais para entender a relação entre tecnologia, logística e a indústria moderna. Inicialmente, explora-se a Inteligência Artificial (IA) em suas variadas formas, como a IA Limitada, amplamente utilizada em tarefas específicas, e a IA Geral, ainda em desenvolvimento, mas com o potencial de impactar profundamente a sociedade. A seção também aborda o avanço da IA em aplicações práticas e os debates éticos e sociais que surgem com seu uso crescente.

Em seguida, explora-se o papel da Logística, com ênfase na gestão de bens, informações e serviços dentro das empresas, e o impacto das tecnologias de suporte, como sistemas de gerenciamento de armazéns (WMS) e ferramentas de rastreamento. São discutidos os diferentes tipos de armazéns - como o armazém geral e o armazém alfandegado – e as tecnologias associadas à organização e controle de estoques. Esse estudo se aprofunda em estruturas específicas, como porta-paletes e sistemas de armazenamento avançados, que garantem a eficiência e a precisão na gestão logística.

A discussão avança para o uso da Inteligência Artificial em Armazéns, destacando os armazéns autoportantes e o potencial de automação, visando maximizar o aproveitamento de espaço e otimizar operações de estocagem. Complementando essa visão, a Indústria 4.0 e a Internet das Coisas (IoT) são abordadas como revoluções tecnológicas que moldam a indústria e a logística atuais, integrando máquinas e dados para aumentar a eficiência.

Por fim, são apresentados os conceitos de Comércio Exterior e Globalização, que contextualizam a transformação das economias e evidenciam a importância de uma logística eficiente em um cenário de interdependência entre países. Esse contexto ilustra como a tecnologia tem facilitado o fluxo global de bens e impulsionado a competitividade em escala mundial.

## 2.1 COMÉRCIO EXTERIOR

O comércio exterior, como o conhecemos hoje, evoluiu significativamente desde a primeira Revolução Industrial, transformando-se em um pilar essencial para a economia global. Ele permite que os países tenham acesso a uma vasta gama de mercados internacionais, criando um fluxo contínuo de mercadorias, serviços e capitais entre as nações. De acordo com o economista Paul Krugman, “o comércio não é apenas uma questão de troca de bens, mas um processo que transforma economia e sociedades” (KRUGMAN,2018), indicando como o comércio internacional vai além das transações comerciais e se insere profundamente na dinâmica econômica e social dos países.

Ao longo das décadas, o comércio exterior se transformou não apenas em uma troca de produtos, mas em um elemento essencial para a interdependência global. Nos tempos atuais, a crescente evolução das cadeias globais de suprimentos e a busca constante por novas oportunidades de negócios internacionais têm reforçado essa interdependência. A conectividade das economias tornou-se ainda mais evidente com o advento da globalização e o avanço das tecnologias, especialmente a Inteligência Artificial (IA). Com a IA, surgiram sistemas que facilitaram a automação de processos logísticos e administrativos no comércio exterior, como a aceitação de entregas, o processamento de documentos, o desembaraço de mercadorias e até a previsão de demanda de produtos em mercados globais.

Esses sistemas não apenas simplificam a logística internacional, mas também reduziram custos operacionais, aumentaram a eficiência e minimizaram erros humanos, o que é particularmente importante para mercados com grande volume de transações e com regulamentações complexas. O uso de IA e outros avanços tecnológicos como a blockchain também têm sido cada vez mais comuns no comércio exterior, promovendo a rastreabilidade de produtos, a transparência nas transações e a segurança jurídica nas trocas internacionais.

Por exemplo, a implementação de sistemas automatizados nas operações portuárias tem possibilitado um aumento significativo na velocidade das operações de desembarque e exportação, sem comprometer a segurança. A inteligência artificial e a automação estão transformando os armazéns e terminais, tornando-os mais rápidos e eficientes, o que é crucial para garantir que os produtos cheguem ao mercado global de maneira oportuna e sem erros. Esse nível de eficiência

operacional está permitindo que empresas de diferentes partes do mundo façam negócios de maneira mais rápida e segura, conectando mercados distantes com maior facilidade e reduzindo os custos operacionais associados.

Portanto, o comércio exterior não é apenas um espaço de transação, mas sim um motor de transformação econômica e social, alavancado por tecnologias inovadoras, como a inteligência artificial, que não apenas modernizam os processos, mas também criam novas oportunidades de negócios e estratégias para as empresas internacionais.

## 2.2 ARMAZÉNS

Os armazéns desempenham um papel crucial na cadeia logística de operações comerciais, servindo como espaços físicos destinados ao armazenamento de diferentes tipos de mercadorias. São fundamentais para o funcionamento de diversas atividades econômicas, abrangendo setores como agricultura, indústria e varejo. Além disso, os armazéns são responsáveis pela gestão de produtos, que é essencial para eficiência operacional.

### 2.2.1 Armazém Geral

O armazém geral é uma entidade jurídica privada especializada em oferecer serviços de armazenamento de mercadorias para terceiros. Seu papel fundamental é garantir a segurança, integridade e organização dos bens armazenados, servindo como uma solução prática para empresas que necessitam de infraestrutura especializada para o estoque de produtos. Esses armazéns operam sob regulamentação específica, incluindo registro obrigatório na Junta Comercial, e devem apresentar relatórios periódicos de suas operações.

Entre as funções desempenhadas pelo armazém geral estão a recepção, conferência, organização, reembalagem e etiquetagem das mercadorias. Essas atividades, embora essenciais, limitam-se ao manejo físico e administrativo dos itens armazenados, sem abranger processos mais complexos da cadeia logística, como transporte ou distribuição. Adicionalmente, os armazéns gerais devem garantir que os itens armazenados sejam homogêneos, seguindo critérios que previnem a coexistência de produtos incompatíveis, como alimentos e materiais químicos.

Quanto ao controle de inventário, o armazém geral é responsável por manter registros detalhados de entrada, saída e permanência de mercadorias em suas instalações, assegurando a precisão nas informações fornecidas ao cliente. Esse

controle é restrito ao espaço físico sob sua gestão e à periodicidade contratual, sem envolver a previsão de demandas ou o planejamento estratégico de estoques.

Localizados frequentemente em polos industriais e grandes centros urbanos, esses armazéns são vantajosos para empresas que buscam reduzir custos logísticos e otimizar prazos de distribuição. Além disso, a segurança é garantida por meio de monitoramento contínuo e controle rigoroso de acesso, assegurando a proteção das mercadorias contra danos ou perdas.

### 2.2.2 Armazém Alfandegado

O Armazém Alfandegado é um tipo de instalação específica destinada ao armazenamento de cargas até que todas as exigências legais e tributárias sejam cumpridas. Estas cargas, oriundas do exterior ou a ele destinadas em processo de nacionalização ou exportação, podendo estar na zona primária ou secundária permanecem sob fiscalização da alfândega até que a Receita Federal autorize sua liberação.

Durante esse período de armazenagem, as empresas são dispensadas do pagamento de impostos, taxas e outros encargos, o que só ocorre quando as mercadorias são encaminhadas ao seu destino final. Esse regime oferece maior flexibilidade para empresas que realizam importações, proporcionando vantagens para o gerenciamento de estoques e a otimização do planejamento tributário.

A utilização de armazéns alfandegados é estratégica para o controle das operações logísticas e pode resultar em significativas economias financeiras, facilitando a movimentação de produtos no mercado internacional (SILVA, 2021; COSTA, 2020).

### 2.2.3 Operador Logístico

Os operadores logísticos são responsáveis por coordenar todas as atividades logísticas dentro de uma empresa, desde o transporte e armazenagem até o controle de estoques, conectando fornecedores e clientes de forma integrada. Segundo Ballou (2006) eles desempenham um papel essencial na otimização das operações da cadeia de suprimentos, assegurando que produtos sejam armazenados e entregues de maneira eficiente, segura e econômica. Na armazenagem, o operador logístico gerencia os processos de estocagem para garantir o fluxo contínuo de mercadorias entre fabricantes, distribuidores e consumidores finais.

Conforme Bowersox e Closs (1996), operadores logísticos atuam em diversas tarefas dentro dos armazéns, que incluem o recebimento, inspeção, classificação, estocagem, controle de inventário e a expedição de produtos. Eles também utilizam tecnologias avançadas, como sistemas de gerenciamento de armazéns (WMS – Warehouse Management Systems), para monitorar e otimizar o fluxo de mercadorias. Essas ferramentas permitem uma melhor visibilidade das operações, facilitando o rastreamento dos produtos e a eficiência dos processos de picking e packing.

Ao contrário do armazém geral, o operador logístico não apenas armazena, mas também planeja e executa a movimentação das mercadorias, integrando diferentes etapas logísticas. Sua atuação é estratégica e adaptável, permitindo a personalização de serviços para atender às demandas específicas do cliente.

## 2.3 ESTRUTURA DOS ARMAZÉNS

Ballou (1993) afirma que a armazenagem e estocagem de mercadorias constituem funções essenciais do sistema logístico e que seus custos podem absorver de 12 a 40% das despesas logísticas de uma empresa.

Uma boa gestão de estoque, é essencial um bom planejamento de armazenamento, principalmente as atividades de movimentação de cargas, pois afeta diretamente nos prazos de entrega, e contribui muito para a diminuição de acidentes, assim reduzindo custos.

Um planejamento técnico é essencial para a realização desses objetivos, analisar as peculiaridades das cargas é necessário, abrangendo as opções das estruturas dos armazéns.

### 2.3.1 Porta Palet

Um dos pontos mais importantes do gerenciamento de armazenamento é a movimentação das cargas, é muito importante ter acesso fácil as cargas, de modo que não precise realizar muitos movimentos das cargas, pois isso influencia diretamente na produtividade da operação. Por esse motivo, o Porta Paleta é um dos sistemas mais eficientes e flexíveis, pois além de se adaptar às necessidades das cargas, ele permite que realize a movimentação de apenas um paleta, sem a necessidade de movimentar outros paletes.

### 2.3.2 Mini Porta Paleta

Diferente do Porta Paleta, onde necessita da utilização de empilhadeiras para a movimentação das cargas, o Mini Porta Paleta, necessita apenas da mão de obra

humana, até o momento. Podendo ser construído até 20 metros de altura, ele proporciona uma flexibilidade de dimensões e precisão.

### 2.3.3 MiniLoad

Os miniloads são estruturas de armazenamento, constituído por prateleiras, que possuem caixas como separador de produtos. Entre os corredores, se movimentam os transelevadores, seu alto nível de automação, utiliza o sistema de WMS, que transmite os dados para a realização da separação dos pedidos, movimentando os transelevadores, que localiza por identificação do código de barras, retira-o da estante e disponibiliza os pedidos para o transportador.

Além de proporcionar um aumento significativo na produtividade dos processos, o Miniload oferece um ótimo aproveitamento do ambiente, tanto em altura quanto em cumprimento. De acordo com a Delage, empresa de tecnologia para cadeia de suprimento, o miniload pode chegar a multiplicar por 10 a capacidade de armazenamento em depósitos convencionais.

### 2.3.4 Mezanino

Possibilitando a criação de mais um andar, o mezanino permite a expansão da área horizontalmente, aproveitando a área vertical, já que o pé direito do armazém deve ser alto. Sua estrutura permite se adaptar às necessidades das demandas.

### 2.3.5 Push Back

Indicado para operar com o sistema LIFO (Last In, First Out), o sistema push back realiza a distribuição em túneis, facilitando o acesso aos itens. A movimentação das cargas ocorre por meio de roletes de aço e rolamentos de precisão nas estruturas, com o auxílio de empilhadeiras. Este sistema conta com diferentes níveis de altura e largura, aproveitando bem o espaço dos armazéns.

### 2.3.6 Flow Rack

Nesse sistema, as mercadorias são posicionadas em um plano inclinado, permitindo a reposição automática pela ação da gravidade. É mais indicado para estoques que trabalham com o sistema FIFO (First In, First Out).

### 2.3.7 Drive –in e Drive-through

Muito utilizados na estocagem de grandes volumes de cargas, esses sistemas são compostos por blocos contínuos de armazenagem que otimizam a utilização do espaço disponível, reduzindo a quantidade de corredores para a movimentação de empilhadeiras. O sistema drive-in é recomendado para operações LIFO, enquanto o drive-through permite tanto operações LIFO quanto FIFO.

### 2.3.8 Dinâmico

Em estoques de alta densidade e rotatividade de cargas, o sistema dinâmico é mais indicado, pois contribui para uma melhor organização e uso do espaço físico, facilitando a movimentação dos materiais. As estruturas são feitas com pistas inclinadas, onde os pallets deslizam sobre roletes de uma extremidade a outra, impulsionados pela gravidade.

#### 2.3.9 Autoportante para empilhadeiras

Indicado para operações de armazenamento e movimentação de alta densidade e seletividade, os autoportantes para empilhadeiras são estruturas construídas do lado externo de um armazém, cercadas e cobertas posteriormente.

#### 2.3.10 Autoportante com transelevador

Seguindo o mesmo princípio de construção do autoportante para empilhadeiras, o autoportante com transelevador proporciona uma operação totalmente automatizada, com alto nível de seletividade e máxima densidade. É indicado para locais com limitações de espaço ou quando se deseja uma automatização completa nas operações de armazenagem e movimentação.

#### 2.3.11 Inteligência Artificial nos Armazéns Autoportantes

Criados para aumentar o rendimento de um espaço, os Armazéns Autoportante é um sistema que maximiza o rendimento de um espaço para estocagem, criando combinações de armazenamento convencional ou automático.

Ele pode ser construído, apoiado nas bases de um ambiente, como paredes e coberturas, dispensando o uso de alvenaria, assim aproveitando o máximo de espaço do ambiente, podendo se adaptar de acordo com as demandas. Além de conseguir combinar equipamentos utilizados na armazenagem tradicional e automática, como porta-pallets, push-back, drive-in ou transelevadores.

Esse sistema se destaca pela sua capacidade de alcançar grandes alturas, promovendo uma flexibilidade de acordo com a necessidade de armazenamento, proporcionando o melhor custo-benefício, já que sua montagem é mais rápida, em comparação com os armazéns de alvenaria.

Criados para aumentar o rendimento de um espaço, os Armazéns Autoportantes são um sistema que maximiza a eficiência de armazenamento, permitindo combinações de armazenamento convencional ou automático.

Eles podem ser construídos apoiados nas bases de um ambiente, como paredes e coberturas, dispensando o uso de alvenaria e aproveitando ao máximo o espaço disponível, adaptando-se de acordo com as demandas. Além disso, é possível

combinar equipamentos utilizados na armazenagem tradicional e automática, como porta-paletes, push-back, drive-in e transelevadores.

Esse sistema se destaca pela sua capacidade de alcançar grandes alturas, promovendo flexibilidade conforme a necessidade de armazenamento e proporcionando um excelente custo-benefício, já que sua montagem é mais rápida em comparação com os armazéns de alvenaria.

## 2.4 ESTOCAGEM

Diferente da armazenagem, que recebe, confere, estoca, separa e prepara as cargas para serem transportadas, a estocagem é a atividade de guardar, de forma que conserve o produto, facilitando o seu acesso nos fluxos logísticos.

A sua gestão é gerida pelos setores de vendas, compras e demandas, sendo essencial para otimizar o uso do espaço e minimizar custos operacionais. Uma boa estocagem não só garante a integridade dos produtos, mas também permite uma resposta ágil às oscilações do mercado e às necessidades dos clientes.

Além disso, a escolha de sistemas de estocagem adequados, como prateleiras, estantes ou paletes, pode influenciar diretamente a eficiência do processo logístico. A implementação de tecnologias, como códigos de barras e sistemas de gerenciamento de armazém (WMS), também contribui para um controle mais preciso do inventário e para a redução de erros nas operações.

Por fim, a análise periódica dos níveis de estoque e a adoção de estratégias como o Just in Time podem ajudar a manter a estocagem em equilíbrio, evitando tanto a falta quanto o excesso de produtos, o que é crucial para a saúde financeira da empresa.

## 2.5 INDÚSTRIA 4.0

A Indústria 4.0 representa uma mudança fundamental na forma como as indústrias operam, promovendo a transformação digital dos processos produtivos. Esse conceito, originado na Alemanha em 2011, marca o ponto de convergência de tecnologias como a automação, a inteligência artificial (IA), a Internet das Coisas (IoT), a robótica avançada, a impressão 3D, entre outras, que tornam possível a criação de fábricas inteligentes. Essas fábricas são caracterizadas por sua capacidade de interagir com os sistemas de produção em tempo real, otimizando os

processos e gerando dados essenciais para a tomada de decisões mais precisas e rápidas.

A jornada para a Indústria 4.0 pode ser entendida através das quatro grandes revoluções industriais, cada uma marcando um ponto de inflexão no desenvolvimento da tecnologia. A primeira revolução, ocorrida entre 1760 e 1840, foi impulsionada pela invenção da máquina a vapor, que transformou a produção industrial. Já a segunda revolução, entre 1860 e 1945, trouxe a eletrificação das fábricas, enquanto a terceira, entre 1950 e 2000, teve como maior inovação o advento da computação e da internet, conectando as máquinas e permitindo maior controle. Agora, com a quarta revolução, vemos a ascensão da conectividade e da automação inteligente, com as máquinas sendo capazes de comunicar-se entre si e tomar decisões autônomas baseadas em dados.

Um dos grandes pilares da Indústria 4.0 é a inteligência conectada, em que dispositivos, máquinas e sistemas de software trocam informações em tempo real para melhorar o desempenho e a produtividade. Ao integrar essas tecnologias de maneira coordenada, as fábricas tornam-se mais ágeis, eficientes e capazes de personalizar a produção em massa com um grau de precisão nunca antes possível.

Entretanto, a implementação de tais sistemas não é isenta de desafios. As indústrias devem lidar com a integração de tecnologias complexas, o treinamento de sua força de trabalho para operar e manter os sistemas automatizados e, claro, com questões de segurança e cibernética, dada a interconexão das redes. Contudo, ao promover a automação de tarefas repetitivas e a análise de dados para identificar padrões e antecipar falhas, a Indústria 4.0 oferece um grande potencial para redução de custos e aumento da competitividade.

Além disso, a transformação digital impulsionada pela indústria 4.0 também coloca uma nova demanda para a força de trabalho. As habilidades técnicas tornam-se cada vez mais essenciais, como profissionais sendo capacitados para lidar com tecnologias avançadas como inteligência artificial e robótica. Isso exige uma mudança de mentalidade tanto nas empresas quanto nas instituições de ensino, que precisam se adaptar a essas novas exigências para garantir a formação de uma mão de obra qualificada.

Portanto, a Indústria 4.0 não é apenas uma revolução tecnológica, ela representa uma revolução cultural e social que não exige adaptação e inovação constantes. O futuro das indústrias está, sem dúvida, atrelado à capacidade de se integrar a essas novas tecnologias de forma eficaz e sustentável.

## 2.6 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A Inteligência Artificial (IA) refere-se à simulação de processos de inteligência humana por meio de sistemas computacionais, abrangendo aspectos como aprendizado, raciocínio e autocorreção. Russell e Norvig definem a IA como o campo de estudo que busca entender a essência da inteligência e replicá-la em sistemas computacionais (RUSSEL & NORVING, 2020 p 90). Embora pareça uma inovação recente, as raízes da IA remontam à década de 1950, quando Alan Turing popôs o famoso Teste de Turing, uma avaliação destinada a verificar a capacidade de uma máquina em demonstrar comportamento inteligente que pudesse ser indistinguível do comportamento humano.

### 2.6.1 Inteligência Artificial Limitada (ANI)

A Inteligência Artificial Limitada (também chamada de Inteligência Artificial Fraca ou Narrow AI) é um tipo de sistema de IA que tem um objetivo específico e é projetado para executar tarefas delimitadas, como reconhecer padrões em imagens, prever tendências de mercado ou interpretar comandos de voz. A IA limitada se concentra em uma única área ou conjunto de tarefas específicas, é aquela que funciona dentro de um escopo restrito, ou seja, ela não tem a capacidade de sair da função para a qual foi criada. Esses sistemas são amplamente utilizados e formam a maioria das aplicações de IA atuais. A IA limitada pode ser extremamente eficaz no que faz, como identificar rostos em uma foto ou recomendar filmes com base no histórico de visualização de um usuário, mas não consegue aprender ou agir fora desse campo. A IA limitada está presente em várias áreas e tem uma gama de funcionalidades bastante diversificada, mas sempre dentro de seu objetivo específico. Algumas das aplicações mais comuns estão em:

- Assistentes Virtuais e Interpretação de Linguagem
- Reconhecimento de Imagens
- Recomendação de Conteúdo
- Veículos Autônomos
- Previsão e Diagnóstico

No setor industrial, sistemas automatizados de IA estão otimizando processos de manufatura, auxiliando no controle de qualidade e prevenindo falhas em maquinários. Embora a meta de muitos cientistas de IA seja o desenvolvimento de uma Inteligência Artificial Geral no futuro, o caminho atual da IA está fortemente focado em aprimorar e expandir as capacidades da IA limitada. Novas aplicações, como o uso

de IA para combater mudanças climáticas ou na exploração espacial, são apenas algumas das maneiras pelas quais a IA limitada continuará a moldar o mundo ao nosso redor.

### 2.6.2 Inteligência Artificial Geral (AGI)

Com o avanço da tecnologia, o impacto da inteligência artificial tem se expandido, trazendo melhorias significativas em processos industriais e elevado a qualidade de vida de muitas pessoas por meio da IA limitada. Contudo, o campo da IA projeta uma evolução ainda mais abrangente: A Inteligência Artificial Geral (AGI), ou IA Forte, um tipo de inteligência artificial que teria capacidades de raciocínio, planejamento e resolução de problemas comparáveis às da mente humana.

Se desenvolvida, a AGI poderia identificar problemas e desenvolver soluções de forma autônoma, além de planejar futuros processos e inovações sem a necessidade de tecnologias por conta própria, representando um marco no desenvolvimento da Inteligência Artificial.

No entanto, a criação da IA forte suscita questões éticas significativas, especialmente no que se refere à preservação de valores humanos. O potencial da AGI para transformar setores socioeconômicos é imenso, mas há preocupações sobre como isso pode impactar o emprego humano, gerando um aumento no desemprego conforme a automação substitui certas funções. Além disso, o surgimento de uma “superinteligência” autônoma levanta temores sobre os riscos de perda de controle: poderia uma inteligência desse tipo, em algum momento, agir contra os interesses humanos?

O desenvolvimento da AGI exige, portanto, uma reflexão profunda sobre suas implicações éticas e sociais, uma vez que seu impacto poderá ser sentido em todos os aspectos da sociedade.

## 2.7 LOGÍSTICA

A logística é uma área essencial que envolve o planejamento e o controle de bens, serviços, pessoas e informações dentro de uma empresa. Segundo Christopher (1997), logística refere-se ao gerenciamento da compra, monitoramento e armazenamento de materiais, peças e produtos acabados, com o objetivo de maximizar a lucratividade atual e futura, utilizando um atendimento de baixo custo. Taboada (2012), citando Taboada e Granemann (1997), complementa que a logística pode ser definida como “a coordenação de um fluxo material e suas informações,

desde o fornecedor até o cliente, de forma eficiente e efetiva”.

Além disso, a tecnologia desempenha um papel crucial na modernização dos processos logísticos. O uso de sistemas de gerenciamento de armazém (WMS - Warehouse Management System) e a implementação de tecnologias de rastreamento em tempo real não apenas melhoram a visibilidade da cadeia de suprimentos, mas também ajudam na previsão de demanda e na gestão de estoques (KLAUS; KLOSS, 2017). Essas ferramentas permitem que as empresas minimizem erros e maximizem a eficiência operacional.

## 2.8 GLOBALIZAÇÃO

A globalização, como fenômeno, não é uma novidade do século XXI, embora tenha se intensificado nos últimos 30 anos. Muitos estudiosos apontam que a globalização tem raízes profundas, remontando à era das grandes navegações, quando os países começaram a se expandir além de seus próprios limites territoriais, estabelecendo relações comerciais com outras nações e adquirindo novas riquezas e tecnologias. Esse período pode ser considerado o marco inicial de um processo de interligação de mercados e culturas ao redor do mundo.

No entanto, para o geógrafo brasileiro, Milton Santos, a verdadeira globalização começou na década de 1990, com a ascensão do capitalismo globalizado, impulsionado pela queda do Muro de Berlim e o fim da Guerra Fria. Foi nesse momento que o mundo testemunhou o surgimento de novos centros econômicos e a aceleração do neoliberalismo, caracterizado pela diminuição das barreiras ao comércio, à circulação de capitais e à migração de pessoas. Santos observou que a globalização, sob essa ótica, reflete um sistema econômico desigual, no qual os países desenvolvidos detêm a maior parte das riquezas e do poder, enquanto os países em desenvolvimento se tornam fornecedores de recursos naturais e mão de obra barata.

Com a quebra das barreiras de espaço e tempo, a globalização propiciou um aumento significativo nas transações comerciais, mas também intensificou as migrações e promoveu trocas culturais entre as diversas partes do mundo. A globalização possibilitou a movimentação de bens, pessoas e ideias em uma velocidade sem precedentes, o que, por um lado, ampliou o acesso a diferentes culturas, produtos e serviços, mas, por outro, aprofundou a desigualdade social e econômica. Essa dinâmica resultou no crescimento da classe média em alguns

países, mas também gerou problemas significativos para os países em desenvolvimento, como o aumento do desemprego, a precarização do trabalho e a dependência de economias externas.

No contexto econômico, a globalização tem sido caracterizada pela interdependência dos mercados financeiros e pela busca incessante de crescimento. No entanto, essa busca nem sempre é acompanhada de uma preocupação com as desigualdades que ela gera. As nações mais desenvolvidas, com maior acesso à tecnologia e aos investimentos internacionais, continuaram a dominar a economia mundial, enquanto as nações em desenvolvimento permanecem à mercê dessas potências, muitas vezes com suas economias concentradas na exportação de produtos básicos, sem uma base industrial sólida.

Além disso, a globalização também tem afetado diretamente o mercado de trabalho. Com a terceirização da produção e a automação de processos, o mercado de trabalho tem visto a diminuição de empregos tradicionais, enquanto novas formas de trabalho, como o trabalho temporário ou remoto, vão se tornando mais comuns. Essa mudança no perfil de emprego tem gerado uma crescente incerteza econômica, principalmente para aqueles que dependem de setores mais tradicionais, como a manufatura, que agora se veem ameaçados pela automatização e pela globalização das cadeias de suprimentos.

Portanto, a globalização não é apenas um fenômeno econômico, mas também social e político, com implicações profundas para as estruturas de poder e as relações entre países. A revolução digital e as inovações tecnológicas, especialmente no comércio exterior e na indústria, podem ser vistas tanto como catalisadores de uma maior conectividade entre nações, como também instrumentos que ampliam as desigualdades e as disparidades globais.

## 2.9 INTERNET DAS COISAS

A IoT (Internet das Coisas), também conhecida como Objetos Inteligentes, é uma rede que conecta objetos físicos, como veículos, eletrodomésticos, smartwatches e máquinas industriais, que possuem softwares e sensores capazes de captar e disponibilizar dados. Esses dispositivos estão conectados à internet e podem tomar decisões automaticamente, de acordo com suas programações. Com essa interconexão, eles comunicam-se entre si e com as pessoas, analisando, gravando, monitorando e gerenciando interações. Isso resulta em automação e otimização de processos, melhorando a produtividade e permitindo a identificação de padrões e possíveis erros com base nos dados gerados.

Por ser uma tecnologia de baixo custo e que utiliza baixa potência, a IoT está cada vez mais presente no cotidiano das pessoas, sendo aplicada em cidades inteligentes, como no gerenciamento de iluminação urbana, que se acende apenas na presença de pedestres.

A eficiência da IoT tem impulsionado sua expansão em diversas áreas. No setor de saúde, por exemplo, ela é amplamente utilizada para monitorar a saúde dos pacientes remotamente, coletando dados sobre pressão arterial, níveis de açúcar no sangue e frequência cardíaca. Isso permite que os pacientes recebam atendimento prioritário quando necessário.

No varejo, a Internet das Coisas possibilita a otimização do layout das lojas, adaptando-se à experiência e comportamento dos clientes, além de monitorar os níveis de estoque. No setor agrícola, a IoT monitora padrões climáticos, gerencia a umidade e a qualidade do solo, garantindo a irrigação adequada para cada cultivo e rastreando a localização do gado.

Mas sua utilização na logística de armazéns vem sendo uma peça-chave para um processo eficiente, estratégico e ágil. Utilizando dados via bluetooth, a IoT rastreia e monitora as mercadorias em tempo real, determinando o lugar de armazenamento e movimentação. Para localizar as mercadorias em inventários, são utilizados NFC (Near Field Communication) dispositivos que possibilita a troca de dados por aproximação, no controle de estoque o Radio-Frequency Identification (RFID) entra em ação, sinalizando a entrada e saída das mercadorias.

Na indústria, a IoT desempenha um papel essencial por meio da automação, com robôs que otimizam toda a cadeia de produção em massa, contribuindo para a revolução da Indústria 4.0. Atuando de maneira inteligente na fabricação, a Internet Industrial das Coisas permite o rastreamento das manutenções necessárias das máquinas e a geração de dados de produção, que são compartilhados entre dispositivos para uma operação mais eficiente.

Os dados gerados diariamente ajudam na tomada de decisões empresariais, influenciando a redução do tempo gasto em tarefas e os custos de produção.

### **3 ANÁLISE DOS IMPACTOS DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA LOGÍSTICA DE ARMAZÉNS**

#### **4.1 BENEFÍCIOS DA IMPLEMENTAÇÃO DA IA**

A Inteligência Artificial (IA) pode melhorar a eficiência operacional nos armazéns. A automação de processos, como a entrega de estoque e a triagem de produtos, pode ser realizada com uma precisão muito maior do que a dos operadores humanos. Robôs autônomos, por exemplo, podem transportar mercadorias de forma mais rápida e precisa. Além disso, os sistemas de IA podem otimizar a disponibilidade dos produtos no armazém, permitindo que o espaço seja utilizado de maneira mais eficiente. Conseguindo antecipar as necessidades de reserva de estoque, evitando tanto o excesso quanto a falta de produtos. Isso também contribui para a redução de custos com armazenamento e a diminuição de desperdícios, uma vez que o estoque é mantido em níveis ideais

A adoção da Inteligência Artificial nos armazéns não só aumenta a eficiência e sim auxilia na redução de custos operacionais. Oferecendo uma visão detalhada sobre o desempenho de cada processo, identificando gargalos áreas de melhorias

#### **4.2 DESAFIOS E BARREIRAS NA ADOÇÃO DA IA**

A aplicação de IA na logística exige uma infraestrutura tecnológica avançada. Isso inclui sensores conectados, sistemas integrados de gerenciamento de armazéns e redes de alta capacidade para processar grandes volumes de dados em tempo real. Contudo, muitos armazéns ainda operam com sistemas antigos e não integrados, dificultando a implementação de soluções mais modernas. O investimento necessário para substituir ou atualizar esses sistemas pode ser substancial, limitando a adoção da IA, especialmente em pequenas e médias empresas.

A eficiência dos sistemas de IA está diretamente ligada à qualidade dos dados utilizados. Dados inconsistentes, incompletos ou não padronizados comprometem os resultados gerados pelos algoritmos. Além disso, muitas empresas encontram dificuldades para integrar dados provenientes de sistemas distintos, como softwares de planejamento de recursos empresariais (ERP) e sistemas de gerenciamento de transporte (TMS). Essa falta de integração limita a capacidade da IA de fornecer insights precisos e estratégias otimizadas.

Os algoritmos de IA frequentemente precisam ser ajustados para atender às particularidades de cada armazém, considerando fatores como layout físico, volume de

operações e tipos de produtos armazenados. Esse processo pode ser complexo e requer profissionais especializados, como cientistas de dados e engenheiros de machine learning, que nem sempre estão disponíveis ou têm custo acessível.

O desenvolvimento e a implantação de sistemas baseados em IA demandam investimentos consideráveis, tanto em tecnologia quanto em treinamento de pessoal. Além disso, a necessidade de modernizar infraestruturas, adquirir equipamentos sofisticados e contratar especialistas aumenta significativamente os custos iniciais. Empresas de pequeno e médio porte enfrentam maiores dificuldades para arcar com esses investimentos.

Embora a EA prometa melhorias operacionais significativas, os resultados não são imediatos. Muitas vezes, é necessário um período de ajustes e aprendizado dos sistemas antes que os benefícios sejam percebidos. Isso pode gerar incertezas sobre o retorno financeiro, especialmente em empresas que operam com margens de lucro estreitas.

A introdução de IA em armazéns pode gerar apreensão entre os funcionários. O receio de que a automação substitua empregos ou torne o trabalho mais impessoal é uma preocupação frequente. Além disso, gestores e colaboradores podem demonstrar resistência por estarem habituados a processos manuais ou semi-automatizados, dificultando a aceitação de novas tecnologias.

A adoção de IA exige que os colaboradores adquiram novas competências, especialmente no uso de ferramentas digitais e na análise de dados. Entretanto, muitas empresas não possuem programas de capacitação adequados, o que dificulta a transição tecnológica. Essa lacuna na formação também pode levar à subutilização das ferramentas de IA, comprometendo os resultados esperados.

A implementação da IA depende da coleta e do processamento de grandes volumes de dados, o que pode levantar questões relacionadas à privacidade e à proteção das informações. Regulamentos como a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), no Brasil, impõem requisitos rigorosos para o uso de dados pessoais.

Empresas que não atendem a essas exigências podem enfrentar penalidades severas, além de danos à reputação.

Embora existam legislações gerais sobre tecnologia e privacidade, ainda não há regulamentações específicas que orientem a aplicação de IA no setor logístico. Essa ausência cria incertezas para as empresas, que podem hesitar em adotar novas tecnologias por falta de clareza sobre os riscos legais envolvidos.

Para superar as barreiras técnicas e econômicas, as empresas podem buscar parcerias com fornecedores de tecnologia e startups especializadas em soluções de

IA. Além disso, investir em infraestrutura moderna, como redes de IoT (Internet das Coisas) e conectividade avançada, pode viabilizar a integração de sistemas inteligentes nos armazéns.

A resistência à mudança pode ser mitigada por meio de programas de treinamento que preparem os funcionários para trabalhar com a IA. Além disso, promover uma cultura organizacional voltada para a inovação e o aprendizado contínuo pode facilitar a aceitação da tecnologia.

Estabelecer políticas claras de governança de dados, garantindo que eles sejam coletados, armazenados e utilizados de forma ética e segura, é essencial. Isso também ajuda as empresas a cumprir as regulamentações de proteção de dados, reduzindo riscos legais e operacionais

#### 4.3 EXEMPLO REAL – BEM BRASIL

Fundada em 2006 na cidade de Araxá, no estado de Minas Gerais, a empresa brasileira Bem Brasil, produtora de batata pré-frita congelada, é líder nacionalmente nesse mercado. Sua parceria com o restaurante Madero, em 2007, para o fornecimento de batatas congeladas, foi fundamental para o seu crescimento, o que incentivou a empresa a expandir a sua área de armazenamento de produtos finais no ano de 2010.

Em 2015, a Bem Brasil realiza a sua primeira exportação com flocos de batata para o Japão, iniciando uma nova fase da empresa: o mercado internacional. Com o objetivo de expansão no mercado internacional, a Bem Brasil precisava de uma estratégia para ter espaço competitivo no mercado exterior. Atualizar o design de suas embalagens não seria o suficiente; precisava de um armazém que proporcionasse inovação, tecnologia e produtividade. Assim, conseguiria diminuir seus custos de armazenamento e operação. Seus desafios estavam no armazenamento da matéria-prima até a expedição dos seus produtos acabados, prezando sempre pela qualidade de seus produtos. O armazém tinha que garantir a conservação perfeita das mercadorias em temperatura de  $-30^{\circ}\text{C}$ .

A conservação da temperatura dos produtos é a peça chave da qualidade que ele proporciona, porém, a mão de obra nessas câmaras frias requer cuidados. De acordo com a NR-36, a cada 1 hora trabalhada, o operador tem direito a 20 minutos de descanso, fora da câmara de refrigeração, além dos direitos de periculosidade, pois o trabalho em câmaras refrigeradas atribui riscos à saúde humana.

Levando em consideração todos os custos logísticos, operacionais e de produção, um armazém que proporcionasse um aumento na produtividade, economia operacional, coleta de dados e redução das perdas de produtos, era um fator essencial para a nova fase da Bem Brasil. A empresa responsável por projetar, construir e garantir a logística desse armazém foi a Mecalux, empresa espanhola, líder no mercado mundial de sistemas de armazenamento, com prestação de serviços de sistemas de armazenagem e armazéns automatizados.

Atendendo às necessidades da Bem Brasil, foi construído um armazém totalmente automático que favorece a entrada e saída das mercadorias sem interrupções durante 24 horas por dia. O armazém possui capacidade total de 33.696 pallets, com ocupação de uma área de 8.400 metros quadrados e uma altura de 25 metros. Para esse projeto, foi utilizada a estrutura de armazéns autoportantes, que são formados por estantes que suportam o seu peso, dos telhados, dos fechamentos laterais e o peso das mercadorias.

Para a sua construção, são considerados todos os fatores que influenciam na sua estrutura, como a força do vento, grau sísmico da área de instalação e a normativa local que fiscaliza esse tipo de construção. Como um dos fatores essenciais desse armazenamento é a temperatura, essa estrutura é ideal, pois ocupa apenas o espaço necessário para o seu funcionamento, refletindo no custo de energia para manter a temperatura.

Nessa fábrica, a Bem Brasil produz 25 mil toneladas de batata por hora, o que necessitava de um sistema de movimentação que não necessitasse de intervenção de mão de obra operacional dentro da câmara refrigerada, desde a entrada do centro de produção, área de armazenamento e disponibilização da mercadoria na área de expedição.

Para a logística do armazém da fábrica de Perdizes, foi utilizado o sistema Pallet Shuttle automático (que são carrinhos elétricos que se deslocam em trilhos dentro dos canais de armazenamento, podendo ser controlados à distância por um operador), e também são utilizados 3 transelevadores, que percorrem pelos três corredores de 143 metros de comprimento cada um e um bloco de estantes que tem capacidade de receber entre oito a dezesseis pallets de no máximo 1.120 kg cada um,

que serão armazenados de acordo com o seu tipo de produto, lote de fabricação e outras variáveis logísticas que são utilizadas no armazenamento.

- Trânsito das mercadorias

O recebimento e a expedição das mercadorias são realizados nas extremidades do armazém, através do sistema de movimentação de carga com a ajuda de transportes de correntes e roletes, que ficam responsáveis por transitar os pallets de um ponto a outro. Nesse armazém, existem duas entradas para cada tipo de mercadoria diferente que será armazenada.

- Mercadorias do centro de produção:

Os operadores preparam caixas vazias, envolvidas por um plástico, que serão preenchidas com os produtos destinados a uma mesa de elevação hidráulica, que eleva a carga até a altura dos transportadores de entrada.

- Mercadorias do exterior do centro de produção:

São localizadas ao lado da área de pré-carga, para evitar interferência entre as duas operações.

Todas as movimentações de cargas são obrigatoriamente passadas pela inspeção, a fim de verificar a qualidade, medidas e peso exigidos para o bom funcionamento da triagem do armazenamento automático.

- Área de expedição

Essa parte do armazém da Bem Brasil possui vinte canais dinâmicos, com profundidade para receber sete pallets cada um. Sua temperatura ambiente é igualmente a de todo o armazém: -30°C.

Para a movimentação dos pallets na expedição, os canais de roletes possuem uma leve inclinação, assim os pallets escorregam com facilidade para a parte mais baixa, onde ficam as docas. Então, os garfos dos transpaletes conseguem extrair os pallets que estão de saída.

Toda a triagem, desde a entrada da mercadoria no armazém até a sua saída para carregamento nos caminhões, é gerenciada através do SGA Inteligente (Sistema de Software de Gestão de Armazéns). Ele é responsável por coordenar e dirigir toda a operacionalidade interna do armazém, garantindo o funcionamento correto da triagem, desde o recebimento até a localização dos pallets em função de lugar e rotatividade, até a sua expedição final. Para a comunicação entre os transportadores, transelevadores e pallet shuttle, foi implementado também o sistema de controle Galileo, responsável por emitir as ordens de movimentação.

O armazém da fábrica de Perdizes é totalmente automatizado, e a mão de obra humana ficou restrita apenas ao abastecimento dos caminhões. Essa operação é realizada em uma área de quatro metros.

Atualmente, a Bem Brasil possui uma capacidade de produção de 500 mil toneladas por ano, e suas exportações se expandiram para os países Uruguai, Bolívia, Paraguai, Peru, Chile, México, Estados Unidos, Malásia e Vietnã. A meta da empresa é atingir 10% do faturamento da empresa em exportações até 2026.

A Bem Brasil utiliza IA e automação em diversas etapas logísticas:

**Gestão de Estoques:** Algoritmos preveem demandas com base em dados históricos, otimizando o armazenamento e evitando desperdícios.

**Manutenção Preditiva:** Sensores conectados identificam falhas em equipamentos antes que se tornem críticos, reduzindo interrupções.

**Automatização de Processos:** Robôs colaborativos otimizam a separação e embalagem de produtos nos armazéns.

- **APLICAÇÕES PRÁTICAS**

**Armazenagem e Controle de Qualidade:** Robôs e sensores verificam as condições das batatas congeladas em armazéns refrigerados, garantindo conformidade com padrões internacionais.

**Planejamento Logístico:** Sistemas de IA ajustam automaticamente o layout dos armazéns para maximizar o espaço útil e a eficiência operacional.

**Exportação e Cadeia de Suprimentos:** A automação reduz o tempo necessário para consolidar cargas destinadas à exportação, melhorando a competitividade no

mercado internacional.

- BENEFÍCIOS IDENTIFICADOS

Eficiência Operacional: Redução de 20% no tempo de processamento de pedidos.

Sustentabilidade: Controle energético eficiente em armazéns refrigerados.

Redução de Custos: Economia significativa na operação logística e na manutenção de equipamentos.

- DESAFIOS ENFRENTADOS

Investimento inicial elevado: A implementação de IA e automação exige alto capital.

Capacitação de Pessoal: Necessidade de treinamentos para operar e manter sistemas avançados.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A integração da Inteligência Artificial (IA) na logística, especialmente na gestão de armazéns, tem se mostrado uma revolução significativa para as operações logísticas, alinhando-se com as tendências da Quarta Revolução Industrial. A pesquisa demonstrou que as tecnologias emergentes, como IA, big data, e Internet das coisas (IoT), são fundamentais para otimizar processos, reduzir custos operacionais e melhorar a competitividade das empresas no comércio global. A automação, a otimização de rotas, a previsão de demanda e a gestão inteligente de estoques são apenas algumas das áreas que se beneficiam diretamente da implementação dessas tecnologias.

A análise dos benefícios da IA evidencia ganhos substanciais em termos de eficiência e precisão nas operações logísticas. A automação de processos, como triagem e transporte de mercadorias, não só melhora a velocidade e a precisão, mas também contribui para a redução do erro humano e para a utilização mais eficiente do espaço e dos recursos. A capacidade de prever demandas e otimizar estoques é uma das principais vantagens da IA, que também auxilia na redução de desperdícios e na melhoria da sustentabilidade das operações.

Contudo, a implementação da IA nas operações logísticas não está isenta de desafios. A necessidade de infraestrutura tecnológica avançada, o alto custo de implementação e a resistência à mudança, tanto por parte dos gestores quanto dos colaboradores, são obstáculos que devem ser superados. Além disso, questões como a qualificação da mão de obra, a integração de sistemas distintos e as preocupações com a segurança de dados e privacidade (como o cumprimento da Lei Geral de Proteção de Dados - LGPD) também representam desafios significativos.

O estudo de caso da Bem Brasil ilustra de forma prática como a adoção de tecnologias automatizadas e sistemas de IA pode transformar a logística de armazéns, proporcionando ganhos operacionais importantes, como a redução de custos, aumento da produtividade e maior controle sobre os processos. A experiência da Bem Brasil também destaca a importância de buscar soluções tecnológicas que atendam às necessidades específicas da empresa, especialmente no contexto de um mercado globalizado e altamente competitivo.

Em suma, a Inteligência Artificial é um vetor de transformação para a logística, permitindo melhorias significativas nas operações e na gestão de cadeias de suprimentos. No entanto, para que as empresas possam explorar plenamente

seu potencial, é fundamental superar as barreiras tecnológicas, econômicas e sociais associadas à sua implementação. A formação contínua dos colaboradores, o investimento em infraestrutura e a adaptação organizacional são cruciais para garantir que os benefícios da IA sejam plenamente aproveitados, tanto no contexto local quanto no comércio exterior.

Por fim, a IA não apenas remodela a logística, mas também coloca em pauta questões mais amplas sobre o futuro do trabalho e a evolução das competências necessárias para lidar com um mercado cada vez mais automatizado e interconectado. O desafio agora é garantir que essa transformação tecnológica seja realizada de maneira ética, inclusiva e sustentável, promovendo uma evolução que beneficie tanto as empresas quanto os colaboradores envolvidos no processo.

## REFERÊNCIAS

AGUIA SISTEMAS. Quais os tipos de estruturas de armazenagem e suas aplicações. Disponível em: <https://aguiasistemas.com.br/quais-os-tipos-de-estruturas-de-armazenagem-e-suas-aplicacoes/>. Acesso em: 31 out. 2024.

BALDWIN, Richard. Globalização vai ficar mais imprevisível, diz Richard Baldwin. Exame, 2024. Disponível em: <https://exame.com/economia/globalizacao-vai-ficar-mais-imprevisivel-diz-richard-baldwin/>. Acesso em: 16 nov. 2024.

BALLOU, Ronald H. Gerenciamento da cadeia de suprimentos/Logística empresarial. Porto Alegre: Bookman, 2006. Disponível em: [https://www.academia.edu/36531997/GERENCIAMENTO\\_DA\\_CADEIA\\_DE\\_SUPRIMENTOS\\_LOG%8DSTICA\\_EMPRESARIAL](https://www.academia.edu/36531997/GERENCIAMENTO_DA_CADEIA_DE_SUPRIMENTOS_LOG%8DSTICA_EMPRESARIAL). Acesso em: 20 out. 2024.

BEM BRASIL. Origem. Disponível em: <https://bembrasil.ind.br/porque-bem-brasil/origem>. Acesso em: 16 nov. 2024.

BEM BRASIL. Origem. Disponível em: <https://bembrasil.ind.br/porque-bem-brasil/origem>. Acesso em: 16 nov. 2024.

BOA VISTA. Inteligência Artificial na logística: um estudo de caso. Disponível em: <https://www.boavista.com.br/solucoes/inteligencia-artificial-na-logistica>. Acesso em: 23 nov. 2024.

BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J. Logistical management: the integrated supply chain process. McGraw-Hill, 1996.

BRASIL ESCOLA. Globalização. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/geografia/globalizacao.htm>. Acesso em: 23 set. 2024.

BRASIL ESCOLA. Nova ordem mundial. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/geografia/nova-ordem-mundial.htm>. Acesso em: 22 set. 2024.

BRASIL ESCOLA. O que é globalização do ponto de vista da geografia. Disponível em: <https://meuartigo.brasilescola.uol.com.br/educacao/o-que-e-globalizacao-do-ponto-de-vista-da-geografia.htm>. Acesso em: 22 set. 2024.

CANALTECH. Estudo da Thomson Reuters faz panorama sobre inovações no mercado brasileiro. Disponível em: [https://canaltech.com.br/inovacao/estudo-da-thomson-reuters-faz-panorama-sobre-inovacoes-no-mercado-brasileiro-128883/#google\\_vignette](https://canaltech.com.br/inovacao/estudo-da-thomson-reuters-faz-panorama-sobre-inovacoes-no-mercado-brasileiro-128883/#google_vignette). Acesso em: 18 maio 2024.

CHECKPOINT SYSTEMS. Tags NFC: a revolução da interação digital com o mundo físico. Disponível em: <https://checkpointsystems.com/br/blog/tags-nfc-a-revolucao-da-interacao-digital-com-o->



INTERMODAL. Inteligência artificial e visão estratégica na logística para sistemas de WMS e TMS. Disponível em: <https://digital.intermodal.com.br/tecnologia/inteligencia-artificial-e-visao-estrategica-na-logistica-para-sistemas-de-wma-e-tms/#:~:text=A%20utiliza%C3%A7%C3%A3o%20de%20intelig%C3%Aancia%20artificial,e%20a%20satisfa%C3%A7%C3%A3o%20do%20cliente>. Acesso em: 16 nov. 2024.

KRUGMAN, P. International Economics: Theory and Policy. Pearson. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/176676/mod\\_resource/content/1/KRUGMAN.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/176676/mod_resource/content/1/KRUGMAN.pdf). Acesso em: 22 set. 2024.

LAC. O que é a internet industrial das coisas (IIoT). Disponível em: <https://blog-pt.lac.tdsynnex.com/o-que-a-internet-industrial-das-coisas-iiot>. Acesso em: 24 set. 2024.

LIBRARY. A investigação mista: integração das metodologias quantitativa e qualitativa. Disponível em: <https://1library.org/article/a-investiga%C3%A7%C3%A3o-mista-integra%C3%A7%C3%A3o-das-metodologias-quantitativa-qualitativa.qo52j4gj>. Acesso em: 18 maio 2024.

LONGA. Tipos de estruturas de armazenagem. Disponível em: <https://www.longa.com.br/tipos-de-estruturas-de-armazenagem/>. Acesso em: 31 out. 2024.

MCKINSEY & COMPANY. Inteligência artificial. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/search?q=inteligencia%20artificial>. Acesso em: 16 nov. 2024.

MECALUX. Bem Brasil: case de sucesso. 2018. Disponível em: [https://mecaluxbr.cdnwm.com/documents/20128/469210/CP\\_BemBrasil\\_BR.pdf/862642be-40e4-464e-50f8-07fc00b09ae4?t=1526294246000](https://mecaluxbr.cdnwm.com/documents/20128/469210/CP_BemBrasil_BR.pdf/862642be-40e4-464e-50f8-07fc00b09ae4?t=1526294246000). Acesso em: 16 nov. 2024.

MECALUX. História da Mecalux. Disponível em: <https://www.mecalux.com.br/quem-somos/historia>. Acesso em: 16 nov. 2024.

MORAES, L. A. P.; VELOSO, A. M. A globalização e o impacto no comércio mundial. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.