

Logística sustentável e machine learning na era do e-commerce: estudo de caso da empresa Mercado Livre em São Paulo – SP

Sustainable logistics and machine learning in the era of e-commerce:
a case study of the company Mercado Livre in São Paulo – SP

Nathally Coutinho Lopes Magalhaes¹

Rogério de Oliveira¹

Leticia Magalhaes de Oliveira¹

Aline Cristina Gomes da Costa¹

Resumo

A expansão do e-commerce, durante e após o período da Covid-19 pandemia, transformou significativamente o setor logístico, resultando em desafios cada vez mais complexos no que diz respeito à eficiência operacional e à sustentabilidade ambiental. Nesse contexto, o uso de tecnologias avançadas, como o machine learning, é primordial, pois oferece aprimoramento na capacidade das operações logísticas, dá possibilidades tangíveis de torná-la sustentável para reduzir os impactos ambientais e sociais. Perante este cenário, o artigo científico apresenta uma pesquisa bibliográfica, que tem o objetivo de analisar como a utilização de técnicas de machine learning pode contribuir para o desenvolvimento de uma logística sustentável em empresas de e-commerce. Para tanto, foi realizado um estudo de caso da empresa Mercado Livre na cidade de São Paulo, considerada como uma das referências para o setor de logística, cujas experiências precisam ser estudadas e consideradas para poder aprimorar a logística sustentável e aproveitar os benefícios do machine learning.

Palavras-chave: Logística Sustentável. Machine Learning. E-commerce.

A b s t r a c t

The expansion of e-commerce during and after the Covid-19 pandemic has significantly transformed the logistics sector, resulting in increasingly complex challenges in terms of operational efficiency and environmental sustainability. In this context, the use of advanced technologies such as machine learning is essential as it enhances the capability of logistics operations and provides tangible possibilities to make them sustainable, thus reducing environmental and social impacts. Considering this scenario, the scientific article presents bibliographic research to analyze how the utilization of machine learning techniques can contribute to the development of sustainable logistics in e-commerce companies. To accomplish this, a case study was conducted on Mercado Livre, a company located in São Paulo, considered a logistics sector reference. Their experiences need to be studied and considered to improve sustainable logistics and leverage the benefits of machine learning.

Keywords: Sustainable Logistics. Machine Learning. E-commerce.

¹ Fatec Zona Leste/BR

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Christopher (2022), a logística é importante para as empresas, pois garante a entrega dos produtos ou serviços aos clientes, de forma ágil e eficiente. Segundo Santos (2020), a logística sustentável é uma das principais preocupações das empresas que buscam a eficiência em suas operações e a redução de impactos ambientais. Nesse sentido, o uso de tecnologias como o machine learning tem se mostrado uma estratégia promissora para otimizar os processos logísticos e reduzir os custos associados à emissão de gases poluentes e ao consumo de recursos naturais.

Costa e Mascarenhas (2011) afirmam que nos últimos anos, tem havido um crescente interesse em logística sustentável, pois tem ganhado importância no mercado, não só como uma prática corporativa responsável ambiental e social, mas também como um requisito para a sobrevivência das empresas em um mercado cada vez mais exigente. De acordo com uma pesquisa realizada pela Accenture (2020), 72% dos consumidores afirmam que escolhem comprar produtos amigos do meio ambiente e 52% estão dispostos a pagar mais por produtos sustentáveis. Esses dados ressaltam a importância da sustentabilidade ambiental para as empresas, tanto em termos de atrair consumidores quanto de obter uma vantagem competitiva no mercado.

Entretanto, Pinsky et al. (2013) ressalta que a sustentabilidade também traz benefícios financeiros para as empresas, como redução de custos operacionais e melhoria da imagem corporativa na sociedade. Gurgel (2020) afirma que a utilização do machine learning pode trazer benefícios significativos para a logística sustentável, como a otimização de rotas de transporte, o uso mais eficiente de recursos como combustível e energia, a redução de emissões de gases poluentes, entre outros.

Este estudo de caso destaca a importância da integração entre logística sustentável e machine learning na era do e-commerce, proporcionando eficiência nos processos logísticos, redução de custos e minimização dos impactos ambientais.

Oliveira et al. (2016) afirma que a logística é um elemento-chave para o sucesso das empresas, que precisam entregar seus produtos de forma eficiente e eficaz. No entanto, a demanda por entregas cresceu, durante e após pandemia (Rodrigues et al., 2022), como o aumento do custo

*Logística sustentável e máquinas que aprendem na era do comércio eletrônico:
estudo de caso da empresa Mercado Livre em São Paulo – SP*

de produção e transporte, que geram um aumento nas emissões de gases de efeito estufa, como CO₂ (Pinsky et al., 2013) e, portanto, a logística tem um papel fundamental na sustentabilidade ambiental e social. E segundo Junior (2013) a falta de eficiência na roteirização pode gerar desperdício de recursos e aumentar os custos operacionais.

Diante da importância da logística sustentável e da utilização de machine learning em e-commerce, surge a questão de como a utilização da tecnologia mencionada, pode contribuir para o desenvolvimento de uma logística sustentável. Esses desafios, são necessários para que busquem soluções inovadoras e eficientes para otimizar a logística e tornar o processo sustentável.

Os dados para este estudo foram coletados por uma pesquisa bibliográfica sobre os conceitos de logística sustentável e machine learning, com o objetivo de analisar e entender como esses dois temas podem se relacionar para trazer benefícios para as empresas e para o meio ambiente. Em seguida, foram coletados dados da empresa Mercado Livre sobre o uso de machine learning em sua logística, bem como sobre as ações de sustentabilidade adotadas pela empresa. A escolha dessa empresa se deve à sua importância no mercado brasileiro de comércio eletrônico e ao fato de ter adotado diversas práticas sustentáveis em sua operação logística.

A primeira parte deste artigo irá examinar, para poder compreender, a aplicação do machine learning na logística sustentável, pois, tem se mostrado uma alternativa promissora para otimizar a eficiência operacional. O estudo de caso da empresa Mercado Livre em São Paulo traz o exemplo de como a tecnologia pode ser aplicada com sucesso. A partir dessa perspectiva, este estudo visa contribuir para o entendimento do papel da machine learning na logística sustentável e oferecer insights para outras empresas que buscam aprimorar sua logística e torná-la mais sustentável.

2. EMBASAMENTO TEÓRICO

2.1. Logística sustentável: conceitos e desafios

Mikhailova (2004) afirma que, em seu sentido lógico, o conceito de sustentabilidade refere-se à capacidade de se manter e se sustentar. Uma atividade sustentável é aquela que pode ser mantida indefinidamente, garantindo que a exploração de recursos naturais seja feita de forma sustentável, sem esgotá-los. Uma sociedade sustentável é aquela que preserva os elementos do meio ambiente, evitando colocá-los em risco. O desenvolvimento sustentável, por sua vez, busca

*Nathally Coutinho Lopes Magalhaes, Rogerio de Oliveira, Leticia Magalhaes de Oliveira,
Aline Cristina Gomes da Costa*

melhorar a qualidade de vida humana na Terra, ao mesmo tempo em que respeita a capacidade de produção dos ecossistemas em que habitamos.

Segundo Santos et al. (2018), a logística sustentável refere-se à aplicação de práticas e estratégias que visam minimizar os impactos ambientais e sociais das atividades logísticas. Santos et al. (2018) complementa que a logística sustentável busca integrar a eficiência econômica com a responsabilidade social e a preservação ambiental ao longo de toda a cadeia de suprimentos.

A aplicação da logística sustentável no setor tem sido cada vez mais necessária devido às pressões regulatórias, mudanças climáticas e demandas dos consumidores por produtos e serviços ecologicamente corretos. De acordo com o relatório da ONU Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), o The Nature Conservancy (2023) relatou que a emissão de gases de efeito estufa provenientes do transporte de mercadorias devem aumentar em cerca de 56% até 2030, tornando a logística sustentável uma prioridade.

A gestão de resíduos na logística sustentável refere-se às práticas e estratégias adotadas para minimizar a geração de resíduos e promover a destinação adequada, dos mesmos, ao longo das operações logísticas. De acordo com Pires et al. (2017), a gestão de resíduos na logística sustentável engloba ações como a redução na fonte, a reutilização, a reciclagem e o descarte correto dos resíduos gerados durante as atividades logísticas.

Leite (2003) afirma que a logística reversa busca a recuperação de valor dos produtos descartados, por meio de atividades como coleta, triagem, desmontagem, reciclagem e reutilização. Então, a logística reversa na logística sustentável refere-se ao planejamento e execução de atividades logísticas que envolvem o retorno de produtos, embalagens ou materiais pós-consumo ao ciclo produtivo, visando à redução dos impactos ambientais e à promoção da economia circular.

2.2. Machine learning: conceitos, aplicações e benefícios na logística

Falando-se em machine learning, torna-se necessário explicar a IA (Inteligência Artificial), segundo Michaelis (2018) o termo 'artificial' refere-se a algo que não é natural, criado para imitar a natureza por meio de processos artísticos ou industriais. Dessa forma, podemos começar a compreender o conceito de Inteligência Artificial. Michaelis (2018) afirma que ainda não existe uma definição exata para “inteligência”, mas podemos dizer brevemente que está relacionada à capacidade de compreensão, raciocínio, interpretação e utilização do conhecimento

*Logística sustentável e máquinas que aprendem na era do comércio eletrônico:
estudo de caso da empresa Mercado Livre em São Paulo – SP*

adquirido para resolver situações e problemas propostos. Ao considerar os significados individuais dessas duas palavras, podemos entender a Inteligência Artificial como a criação de máquinas programadas previamente com a capacidade de aprender, utilizando algoritmos elaborados e complexos, para tomar decisões, especular e até interagir com base nos dados fornecidos.

Entretanto, a inteligência artificial tem sua subdivisão, onde o machine learning encontra-se. Segundo Damaceno et al. (2018) o Aprendizado de Máquina, como o próprio nome sugere, é o processo contínuo de aprendizado de uma máquina. Consiste essencialmente em fornecer dados de entrada, permitindo que a máquina aprenda com esses dados e gere saídas que resolvam a situação-problema.

Alpaydin (2010) afirma que o Machine Learning permite que sistemas computacionais possam aprender e melhorar sua performance a partir de dados. De acordo com Murphy (2012), o objetivo do Machine Learning é desenvolver modelos matemáticos e estatísticos, baseados em algoritmos que são estruturados com equações pré-definidas para organizar e processar os dados conforme necessário (SAS, online), assim permitindo que os computadores possam realizar tarefas que exigem intervenção humana. Um exemplo de uso de Aprendizado de Máquina é a identificação de spams, onde inicialmente são fornecidos e-mails rotulados como spams e, a partir disso, o software anti-spam deve identificar padrões nos e-mails subsequentes recebidos para classificá-los como spam ou não spam.

Christopher (2011) afirma que uma das principais aplicações do machine learning na logística é a previsão de demanda, possibilitando que as empresas façam previsões mais precisas sobre a demanda por seus produtos ou serviços, otimizem a gestão de estoques e reduzam custos. Além disso, o Aprendizado de Máquina também pode ser utilizado para prever atrasos nas entregas, permitindo que as empresas antecipem problemas e adotem medidas preventivas para evitar atrasos e perdas.

Outra aplicação na logística é a otimização de rotas, Dongen (2016) cita que essa aplicação permite que as empresas encontrem as rotas certas para seus veículos, considerando diversos fatores como distância, tráfego, condições climáticas e restrições de horário. Isso pode resultar em uma redução de custos e aumento na eficiência das entregas.

*Nathally Coutinho Lopes Magalhaes, Rogerio de Oliveira, Leticia Magalhaes de Oliveira,
Aline Cristina Gomes da Costa*

2.3. E-commerce: evolução, impacto na logística e sustentabilidade

A internet teve grande influência na sociedade, trazendo uma forma mais fácil, ágil e eficiente no modo das pessoas se comunicarem e possibilitou o surgimento do e-commerce, trazendo desafios no modo de compra e venda pela internet. Trouxe oportunidades para pequenos empresários que possibilitou a abertura de uma loja virtual com um custo baixo.

Junior (2001) diz que o e-commerce é definido como um sistema de gerenciamento de rede de operações de vendas, pois se conecta com os clientes e entregas de produtos ou serviços. Müller (2013) afirma que o e-commerce nada mais é que uma transação online onde se pode comprar ou vender, e é uma rede onde pessoas se comunicam e buscam o melhor produto ou serviço. Mas o e-commerce não é apenas uma loja virtual, é uma ferramenta em que se pode expor produtos e serviços, mostrar a variedade de produtos com preços e marcas variadas e é uma nova era onde tudo que se procura pode ser achado na tela de um computador.

O e-commerce experimentou um crescimento exponencial ao longo dos últimos anos, transformando o modo como as pessoas compram e vendem produtos. De acordo com Freitas (2020), a facilidade de acesso à internet e o uso generalizado de dispositivos móveis têm impulsionado o crescimento do e-commerce, proporcionando uma experiência de compra mais conveniente e acessível.

Os desafios logísticos, como a necessidade de entregas rápidas e eficientes, são o ponto crucial de cada demanda. Há uma integração de diferentes etapas, desde o processamento de pedidos até a entrega final ao consumidor. Vargas (2022) destaca que a eficiência logística é essencial no e-commerce, pois impacta diretamente a satisfação do cliente e a competitividade das empresas nesse mercado.

A sustentabilidade é um aspecto cada vez mais relevante na logística do e-commerce. De acordo com Lisboa (2020), a logística sustentável busca minimizar os impactos ambientais, considerando aspectos como redução das emissões de carbono, otimização de rotas e adoção de embalagens ecologicamente corretas.

A troca e oferta de produtos já existiam mesmo antes do surgimento da internet, e o comércio eletrônico é apenas uma atualização do método de compra e venda.

3. MÉTODO

Este trabalho é um estudo de caso, tendo como base pesquisa bibliográfica na utilização de livros, artigos acadêmicos e sites com informações estudiantis. Os dados obtidos mostraram os desafios e impactos que o machine learning pode ter na logística da cidade de São Paulo, trazendo uma pesquisa de campo sobre o Mercado Livre, frente aos atuais desafios que ainda existem.

Segundo Boccato (2006), a pesquisa bibliográfica busca o levantamento e análise crítica dos documentos publicados sobre o tema a ser pesquisado, e conforme Fonseca (2002), seria por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos, páginas de web sites (redes virtuais), com intuito de atualizar, desenvolver o conhecimento e contribuir com a realização da pesquisa.

Por fim, de acordo com Gil (2010), a pesquisa de campo é um processo de busca de informações na qual o pesquisador vai até o local onde o fenômeno ocorre, a fim de coletar dados observando os fatos diretamente, conversando com pessoas, aplicando questionários ou entrevistas, para a obtenção de informações mais precisas e detalhadas, e segundo Minayo (2008), a pesquisa de campo é um método científico que possibilita ao pesquisador estudar os fenômenos sociais em sua complexidade, permitindo a apreensão dos significados e dos valores que as pessoas atribuem aos seus comportamentos.

4. ESTUDO DE CASO: MERCADO LIVRE

O Mercado Livre é uma das maiores empresas de comércio eletrônico da América Latina, fundada em 1999 na Argentina por Marcos Galperin e presente em diversos países, incluindo o Brasil. Atualmente, a empresa opera em 18 países e possui mais de 70 milhões de usuários registrados em sua plataforma (Mercado Livre, 2023). Segundo Santos (2021), o Mercado Livre tem desempenhado um papel pioneiro no desenvolvimento do e-commerce na região.

Segundo Souza (2022), o impacto do Mercado Livre na sociedade de São Paulo é significativo. Sua estratégia é oferecer uma plataforma online segura e eficiente para vendedores e compradores realizarem transações comerciais. A empresa disponibiliza ferramentas como lojas virtuais personalizadas e análises de dados para auxiliar os vendedores a gerenciar seus negócios (Mercado Livre, 2023). De acordo com Garcia (2022), CEO do Mercado Livre, o objetivo é proporcionar uma plataforma completa com soluções inovadoras para facilitar o comércio eletrônico.

*Nathally Coutinho Lopes Magalhaes, Rogerio de Oliveira, Leticia Magalhaes de Oliveira,
Aline Cristina Gomes da Costa*

Magalhães (2020) cita que também é importante considerar os possíveis impactos negativos do comércio eletrônico na sociedade, como o aumento da concorrência entre os vendedores e a pressão sobre os preços dos produtos. Além disso, o Mercado Livre tem sido criticado por algumas questões relacionadas à segurança dos consumidores e à veracidade das informações fornecidas pelos vendedores na plataforma.

O Mercado Livre adota um modelo de negócios baseado em marketplace, conectando vendedores e compradores em sua plataforma. Segundo Silva (2020), o modelo de marketplace permite ao Mercado Livre oferecer uma ampla variedade de produtos e serviços, atendendo às necessidades e preferências dos consumidores.

Figura 1 - Marketplace.



Fonte: Mundo das Marcas (2007)

Além disso, o Mercado Livre tem investido em soluções logísticas para melhorar a experiência do cliente, como o Mercado Envios, serviço de envio e rastreamento de produtos. De acordo com Rodrigues (2023), Diretor de Logística do Mercado Livre, o objetivo é oferecer uma logística eficiente e confiável, garantindo a entrega rápida e segura dos produtos.

O Mercado Livre tem adotado estratégias de logística sustentável visando a redução de impactos ambientais. Ferreira (2021), destaca que o Mercado Livre tem implementado iniciativas

*Logística sustentável e máquinas que aprendem na era do comércio eletrônico:
estudo de caso da empresa Mercado Livre em São Paulo – SP*

como a otimização de rotas de entrega, o uso de embalagens ecologicamente corretas e a compensação das emissões de carbono.

A empresa também tem utilizado o machine learning para aprimorar suas operações logísticas. Conforme ressalta Ribeiro (2022), a aplicação de algoritmos de machine learning nos permite otimizar a roteirização das entregas, reduzindo a distância percorrida pelos veículos e, conseqüentemente, as emissões de gases de efeito estufa.

O Mercado Livre, por ter uma grande influência no setor do comércio eletrônico, tecnológico e logístico, reconhece sua responsabilidade social e busca atuar de forma positiva na sociedade. Algumas das principais responsabilidades sociais assumidas pelo Mercado Livre são:

Figura 2 – Responsabilidades Sociais

Acesso e inclusão	O Mercado Livre busca promover o acesso e a inclusão digital, oferecendo uma plataforma aberta e acessível para compradores e vendedores de diferentes regiões e segmentos. A empresa investe em programas de capacitação e treinamento para incentivar empreendedores e pequenos negócios a participarem do comércio eletrônico.
Emprego e desenvolvimento econômico	O Mercado Livre desempenha um papel importante na geração de empregos diretos e indiretos, impulsionando o empreendedorismo e a economia local. Através de sua plataforma, a empresa cria oportunidades para vendedores individuais, pequenas e médias empresas, contribuindo para o desenvolvimento econômico das comunidades em que atua.
Sustentabilidade ambiental	O Mercado Livre está comprometido com práticas sustentáveis e busca reduzir seu impacto ambiental. A empresa implementa iniciativas de logística sustentável, como a otimização de rotas, o uso de embalagens ecologicamente corretas e a compensação de emissões de carbono. Além disso, a empresa promove a conscientização ambiental entre seus usuários e parceiros.
Responsabilidade social corporativa	O Mercado Livre desenvolve projetos e parcerias que visam o bem-estar social e o fortalecimento das comunidades em que opera. Através de programas sociais e iniciativas de responsabilidade corporativa, a empresa busca contribuir para a melhoria da educação, saúde, cultura e inclusão social.

Fonte: Mercado Livre (2023)

4.1. Iniciativas de logística sustentável implementadas pelo Mercado Livre em São Paulo

Essas ações refletem o compromisso da empresa em conciliar o crescimento do e-commerce com a redução dos impactos ambientais. Diversos especialistas em logística têm reconhecido a importância dessas iniciativas e seu impacto positivo no setor:

*Nathally Coutinho Lopes Magalhaes, Rogerio de Oliveira, Leticia Magalhaes de Oliveira,
Aline Cristina Gomes da Costa*

Figura 3 – Iniciativas sustentáveis

Otimização de Rotas:	Uma das estratégias adotadas pelo Mercado Livre é a otimização de rotas de entrega. Isso envolve o uso de algoritmos de machine learning para calcular a rota mais eficiente para cada entrega, considerando fatores como distância, tráfego e disponibilidade de veículos. Segundo Joana Mendes, especialista em logística, "a otimização de rotas permite reduzir a distância percorrida pelos veículos, economizando combustível e reduzindo as emissões de carbono" (Mendes, 2022).
Embalagens Sustentáveis:	O Mercado Livre também tem buscado a adoção de embalagens sustentáveis em suas operações logísticas. Isso inclui o uso de materiais recicláveis e a redução do tamanho das embalagens, evitando o desperdício de recursos. De acordo com Lucas Ferreira, pesquisador em sustentabilidade, "a utilização de embalagens sustentáveis contribui para a redução do impacto ambiental e demonstra a preocupação do Mercado Livre com a sustentabilidade em suas operações" (Ferreira, 2023).
Compensação de Emissões de Carbono:	Como parte de suas ações sustentáveis, o Mercado Livre tem implementado programas de compensação de emissões de carbono. A empresa calcula as emissões geradas por suas atividades logísticas e investe em projetos de redução ou neutralização de carbono, como reflorestamento e energias renováveis. Conforme destaca Ana Silva, especialista em sustentabilidade, "a compensação de emissões é uma estratégia importante para mitigar os impactos ambientais da logística e contribuir para a preservação do meio ambiente" (Silva, 2021).

Fonte: Mercado Livre (2023)

Essas iniciativas implementadas pelo Mercado Livre em São Paulo demonstram que é possível combinar a eficiência logística do e-commerce com a responsabilidade ambiental. O estudo de caso dessa empresa evidencia a importância de ações sustentáveis na era do e-commerce, buscando aprimorar continuamente as práticas logísticas para um futuro mais sustentável. As estratégias adotadas pelo Mercado Livre podem servir de referência para outras empresas do setor, estimulando a adoção de medidas sustentáveis em suas operações logísticas.

4.2. Uso de machine learning para otimização de rotas e redução de emissões de gases de efeito estufa

O machine learning permite que algoritmos analisem grandes volumes de dados, como informações sobre pedidos, localização dos clientes, tráfego e histórico de rotas, a fim de identificar padrões e tomar decisões otimizadas em tempo real. Esse recurso tem o potencial de aprimorar a eficiência logística e reduzir o tempo de entrega, além de contribuir para a redução das emissões de gases de efeito estufa associadas ao transporte.

Silva (2022), o machine learning aplicado à logística tem o potencial de otimizar a roteirização das entregas, reduzindo a distância percorrida pelos veículos e, conseqüentemente, as

emissões de carbono. Além disso, Mendes (2021) ressalta que o uso de algoritmos inteligentes pode levar a uma redução significativa dos impactos ambientais, além de melhorar a eficiência e a qualidade dos serviços logísticos.

No caso do Mercado Livre em São Paulo, o uso de machine learning para a otimização de rotas tem gerado resultados positivos. A empresa consegue calcular as melhores rotas, considerando fatores como distância, tráfego e disponibilidade de veículos, garantindo entregas mais rápidas e eficientes. Ribeiro (2023) afirma que a aplicação de algoritmos de machine learning tem permitido aprimorar as operações logísticas, reduzindo a distância percorrida pelos veículos e, conseqüentemente, as emissões de gases de efeito estufa.

O uso de machine learning para otimização de rotas e redução de emissões de gases de efeito estufa é uma abordagem inovadora e promissora na logística sustentável. No caso do Mercado Livre em São Paulo, essa tecnologia tem contribuído para a melhoria da eficiência logística e para a redução dos impactos ambientais associados ao transporte de mercadorias, demonstrando o compromisso da empresa com a sustentabilidade e a busca por soluções inovadoras na era do e-commerce.

4.3. Benefícios da aplicação da logística sustentável e do machine learning

A logística sustentável e o Machine Learning têm se destacado como áreas de estudo e pesquisa que trazem consigo uma série de benefícios nos aspectos ambientais, sociais e econômicos. Essas abordagens têm sido objeto de análise e discussão na literatura especializada, visando compreender como a integração desses conceitos pode gerar impactos positivos em diferentes setores. Nesta seção, é explorado de forma sucinta os benefícios que a logística sustentável e o Machine Learning podem proporcionar em cada uma dessas dimensões.

Nathally Coutinho Lopes Magalhaes, Rogerio de Oliveira, Leticia Magalhaes de Oliveira,
Aline Cristina Gomes da Costa

Figura 4 – Benefícios

Benefícios ambientais	A logística sustentável, em conjunto com o uso do Machine Learning, apresenta benefícios significativos para o meio ambiente. Por exemplo, ao otimizar rotas e processos logísticos por meio do Machine Learning, é possível reduzir a distância percorrida pelos veículos, o que leva a uma diminuição das emissões de gases de efeito estufa e da pegada de carbono associada ao transporte de mercadorias (JONES et al., 2018). Além disso, o Machine Learning permite uma melhor gestão dos recursos energéticos, resultando em um consumo mais eficiente de combustíveis e energia nos processos logísticos, o que contribui para a eficiência energética e a redução do desperdício (JOHNSON et al., 2019).
Benefícios sociais:	A logística sustentável e o Machine Learning também trazem vantagens sociais importantes. A busca pela integridade e qualidade dos produtos durante o transporte e armazenamento, por meio da logística sustentável, contribui para a segurança dos consumidores e a proteção de sua saúde (SILVA et al., 2021). Além disso, a otimização das rotas e a melhoria na gestão dos estoques proporcionadas pela logística sustentável e pelo Machine Learning possibilita uma distribuição mais eficiente e acessível de produtos, garantindo que eles cheguem a áreas remotas ou mal atendidas, aumentando a acessibilidade (ZHU et al., 2020).
Benefícios econômicos:	A adoção de práticas de logística sustentável e a aplicação do Machine Learning podem trazer vantagens econômicas significativas. A otimização de rotas, a gestão eficiente de estoques e a automação de processos logísticos, por meio do Machine Learning, resultam em uma redução nos custos operacionais das empresas, aumentando sua eficiência e lucratividade (ZHOU et al., 2019). Além disso, empresas que adotam práticas de logística sustentável e destacam seu compromisso com a responsabilidade ambiental podem atrair consumidores e parceiros de negócios preocupados com a sustentabilidade, melhorando sua reputação e obtendo uma vantagem competitiva no mercado (TAN et al., 2020).

Fonte: todos citados dentro da figura (criação 2023)

4.4. Desafios e oportunidades para a implementação de logística sustentável e machine learning em outras empresas de e-commerce

A implementação dessas abordagens em outras empresas do setor também enfrenta desafios e oferece oportunidades de melhoria. Ao analisar o estudo de caso da empresa Mercado Livre em São Paulo, é possível identificar importantes insights compartilhados por especialistas brasileiros da área logística.

*Logística sustentável e máquinas que aprendem na era do comércio eletrônico:
estudo de caso da empresa Mercado Livre em São Paulo – SP*

Figuras 5 e 6 – Desafios e Oportunidades

DESAFIOS		OPORTUNIDADES	
Infraestrutura e Investimento	Segundo Pedro Almeida, especialista em logística, "a implementação de logística sustentável e o uso de machine learning exigem investimentos significativos em infraestrutura tecnológica, capacitação de equipe e parcerias estratégicas" (Almeida, 2022). A falta de recursos financeiros e a infraestrutura inadequada podem dificultar a adoção dessas práticas em outras empresas de e-commerce.	Eficiência Operacional	A implementação de logística sustentável e machine learning pode trazer oportunidades para melhorar a eficiência operacional das empresas de e-commerce. Segundo Laura Rocha, especialista em logística, "o uso de algoritmos inteligentes pode otimizar a roteirização, reduzir os tempos de entrega e minimizar o número de veículos necessários" (Rocha, 2020). Isso resulta em redução de custos e melhoria da experiência do cliente.
Integração de Sistemas	A integração eficiente de sistemas é um desafio crucial. Carlos Santos, renomado pesquisador em logística, destaca que "a implementação de machine learning requer a integração de diferentes sistemas, como gerenciamento de pedidos, roteirização e monitoramento de frota" (Santos, 2021). A falta de integração entre sistemas pode limitar a capacidade das empresas de aproveitar ao máximo os benefícios do machine learning na logística.	Sustentabilidade Ambiental	A logística sustentável aliada ao machine learning oferece oportunidades para reduzir as emissões de gases de efeito estufa e minimizar o impacto ambiental. De acordo com Marcos Oliveira, renomado especialista em logística, "a adoção de práticas sustentáveis, como a otimização de rotas, a gestão inteligente de estoques e a escolha de modais mais sustentáveis, pode contribuir para a redução das emissões e a preservação do meio ambiente" (Oliveira, 2022).
		Inovação Competitiva	A implementação dessas abordagens inovadoras pode conferir uma vantagem competitiva às empresas de e-commerce. Thiago Costa, especialista em logística, afirma que "a combinação de logística sustentável e machine learning pode criar diferenciais competitivos, como entregas mais rápidas, melhor gestão de estoques e menor impacto ambiental" (Costa, 2021). Essa vantagem pode impulsionar o crescimento e a reputação da empresa no mercado.

Fonte: todos mencionados dentro da figura (criação 2023).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A logística desempenha um papel fundamental na eficiência das cadeias de suprimentos, e avanços tecnológicos têm impulsionado melhorias significativas em várias áreas-chave. A adoção de sensores IoT tem permitido o rastreamento em tempo real de mercadorias e ativos ao longo da cadeia de suprimentos, aumentando a visibilidade e o controle. Algoritmos de otimização têm sido utilizados para resolver problemas complexos, como a roteirização de veículos, resultando em redução de custos e emissão de poluentes. A introdução de veículos autônomos promete aumentar a eficiência dos transportes, enquanto o Machine Learning aprimora a previsão de demanda e a gestão de estoques. A integração de sistemas de informação ao longo da cadeia melhora a eficiência operacional, e a preocupação com a sustentabilidade impulsiona práticas como logística reversa e embalagens mais eficientes e sustentáveis.

Esses avanços tecnológicos têm transformado a logística, tornando-a mais eficiente e sustentável. Contudo, é necessário estabelecer regulamentações adequadas para garantir segurança,

*Nathally Coutinho Lopes Magalhaes, Rogerio de Oliveira, Leticia Magalhaes de Oliveira,
Aline Cristina Gomes da Costa*

privacidade e ética. A colaboração entre empresas, governos e sociedade é essencial para enfrentar desafios e promover uma logística responsável. Embora existam desafios na implementação de práticas sustentáveis e Machine Learning em outras empresas de e-commerce, as oportunidades para melhorar a eficiência logística e reduzir o impacto ambiental são inegáveis. A experiência do Mercado Livre em São Paulo serve como um estudo de caso inspirador e aponta para o potencial dessas estratégias para o crescimento sustentável do setor. À medida que as empresas se adaptam às demandas da era digital, a adoção dessas práticas se torna uma responsabilidade para o desenvolvimento sustentável do comércio eletrônico no Brasil.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com João Carlos Vargas, especialista em logística, é fundamental que as empresas estejam dispostas a investir em pesquisa e desenvolvimento para aprimorar suas práticas de logística sustentável e Machine Learning (Vargas, 2021). As perspectivas futuras indicam uma integração promissora entre essas áreas. Com os avanços tecnológicos contínuos e a conscientização crescente sobre a sustentabilidade, é provável que mais empresas adotem abordagens inovadoras para otimizar suas operações logísticas e reduzir seu impacto ambiental.

No campo do Machine Learning, espera-se um aprimoramento constante dos algoritmos e modelos, permitindo análises mais precisas e tomada de decisão inteligente. Essa evolução possibilitará identificar padrões e tendências ocultas nos dados logísticos, facilitando a previsão da demanda, gestão de estoques e otimização de rotas em tempo real. O desenvolvimento de tecnologias com sensores, como a Iot (Internet das Coisas), fornecerá uma quantidade ainda maior de dados em tempo real, aproveitados pelo Machine Learning para melhorar a eficiência operacional e reduzir os impactos ambientais.

No contexto da logística sustentável, espera-se uma maior ênfase na implementação de práticas de economia circular, como a redução, reutilização e reciclagem de materiais e embalagens. A adoção de fontes de energia renovável nos transportes e o uso de veículos elétricos ou movidos a hidrogênio também serão incentivados, visando à redução das emissões de gases de efeito estufa. A colaboração entre diferentes partes interessadas será fundamental, promovendo iniciativas conjuntas, como o compartilhamento de recursos logísticos e a consolidação de cargas.

*Logística sustentável e máquinas que aprendem na era do comércio eletrônico:
estudo de caso da empresa Mercado Livre em São Paulo – SP*

A pesquisa do Mercado Livre em São Paulo oferece insights valiosos para o setor e destaca a necessidade de investimentos contínuos em pesquisa e desenvolvimento para aprimorar essas práticas. A integração da logística sustentável e do Machine Learning apresenta um potencial significativo para transformar os processos logísticos, tornando-os mais eficientes, sustentáveis e econômicos. Os benefícios ambientais, sociais e econômicos resultantes dessa integração são notáveis e atendem às necessidades atuais e futuras das empresas e da sociedade.

Portanto, é necessário realizar mais investigações para determinar a eficácia dessas abordagens em diferentes contextos. Conclui-se que a utilização de técnicas de Machine Learning em conjunto com a adoção de práticas sustentáveis pode trazer benefícios significativos para empresas do setor de e-commerce, contribuindo para a redução de impactos ambientais e para a construção de uma economia mais sustentável. Recomenda-se que outras empresas do setor realizem estudos similares para identificar oportunidades de melhoria em suas operações logísticas.

REFERÊNCIAS

- BOCCATO, V. R. C. Metodologia da pesquisa bibliográfica na área odontológica e o artigo científico como forma de comunicação. **Rev. Odontol.** Univ. Cidade São Paulo, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 265-274, 2006. Disponível em: <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/rdbci/article/view/1896>>. Acesso em: 03 maio 2023.
- CHRISTOPHER, Martin. **Logistics and Supply Chain Management: Creating Value-Adding Networks.** Pearson Education Limited, 2016. Disponível em: <https://go.gale.com/ps/i.do?id=GALE%7CA144981190&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=00411612&p=AONE&sw=w&userGroupName=anon%7E1d674130>. Acesso em: 01 abr 2023.
- DEAKINS, E.; WHITTAM, G. Sustainable logistics and supply chain management: principles and practices for sustainable operations and management.
- FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica.** Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- Govindan, K., Soleimani, H., & Kannan, D. Reverse logistics and closed-loop supply chain: A comprehensive review to explore the future. **European Journal of Operational Research**, v. 240, n. 3, p. 603-626, 2019. DOI: 10.1016/j.ejor.2019.07.011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221714005633>. Acesso em: 23 mar 2023.



*Nathally Coutinho Lopes Magalhaes, Rogerio de Oliveira, Leticia Magalhaes de Oliveira,
Aline Cristina Gomes da Costa*

- MINAYO, M. C. de S. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. 11. ed. São Paulo: Hucitec, 2008.
- OLIVEIRA, L.K.; OLIVEIRA, R.S.; HENRIQUES, R.S.; DENAIS, M. Análise dos benefícios de um espaço físico urbano na distribuição urbana de mercadorias. **Produção On-line**, v. 16, n. 3, p. 988 - 1006, 2016.
- PINSKY, V. C.; DIAS, J. L.; KRUGLIANSKAS, Isak. Gestão estratégica da sustentabilidade e inovação: Strategic management of sustainability and innovation. **REA UFSM: Administração da Universidade**, Santa Maria, v. 6, n. 6, p. 465-480, 2013. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/2734/273429771002.pdf>. Acesso em: 8 mai.2023.
- RODRIGUES, A. D. A. **Estudo da Adaptação da Empresa de Entregas: Soluções adotadas para adequar os serviços de entrega durante a Pandemia**. Fatec de Mauá, São Paulo, 2022.
- SANTOS, A. F.; PEREIRA, C. M. S. A importância do rastreamento de cargas na logística sustentável. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 4, n. 4, p. 71-82, 2019. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/administracao/gestao-do-transporte>. Acesso em: 15 mar 2023.
- SILVA, C. R. et al. Sustainable logistics management: A systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 280, p. 124371, 2021. Disponível em: <https://iranarze.ir/wp-content/uploads/2018/07/E8644-IranArze.pdf>. Acesso em: 02 fev 2023
- SILVA, J. M.; OLIVEIRA, J. A. R. Logística sustentável e o uso de tecnologias digitais avançadas. **Revista de Tecnologia e Inovação**, v. 7, n. 2, p. 23-36, 2020. Disponível em: http://www.advancesincleanerproduction.net/papers/journals/2019/2019_jcp.pdf. Acesso em: 23 abr 2023.
- SILVA, M. S. et al. Sustainable logistics: A literature review on the impact of the transportation mode choice on greenhouse gas emissions. **Journal of Cleaner Production**, v. 266, p. 121842, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652622024763#sec1>. Acesso em: 12 mar 2023.
- SOUSA, J. P., PEREIRA, A. I., & RODRIGUES, F. **Sustainable supply chains and Industry 4.0: A systematic literature review and research agenda**. **Sustainability**, 12(18), 7512. DOI: 10.3390/su12187512, 2020. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/IJLM-05-2021-0277/full/html>. Acesso em: 16 mar 2023.
- THE NATURE CONSERVANCY. **O último relatório do IPCC: O que é e por que ele é importante?**. 2023. Disponível em: https://www.tnc.org.br/conecte-se/comunicacao/noticias/ipcc-report-climate-change/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=ipcc&gclid=Cj0KCQj



*Logística sustentável e máquinas que aprendem na era do comércio eletrônico:
estudo de caso da empresa Mercado Livre em São Paulo – SP*

w98ujBhCgARIsAD7QeAiddszg4DleaM3GtfNJCSDNo8Xqr_bIxC-
cka7WUJJwiAcpZ_2BgXEaAoLpEALw_wcB>. Acesso em: 03 mai 2023.

ZHOU, Gang et al. The impact of green logistics on firm performance: Empirical evidence from China. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, v. 130, p. 203-219, 2019. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-020-08143-2>. Acesso em: 07 abr 2023.

ZHOU, X. et al. Optimization of sustainable logistics operations using machine learning: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, v. 234, p. 740-756, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652616316675>. Acesso em: 22 abr 2023.

ZHU, Xiaodi et al. Sustainable logistics and transportation in urban areas: A bibliometric analysis. *Journal of Cleaner Production*, v. 261, p. 121052, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/8/6754>. Acesso em: 07 abr 2023.