



BENEFÍCIOS AMBIENTAIS E LOGÍSTICOS DA AUTOMAÇÃO DE ESTACIONAMENTO PARA CONTROLE DE FROTAS EM CENTROS LOGÍSTICOS

Guilherme dos Santos Vicente

Gustavo Almeida da Silva

José Victor Gagliardi

Nosso Nsakala

Lucas Carlos de Sousa

Centro Universitário Eniac

Guarulhos – São Paulo

2025

Resumo

A automação de estacionamentos apresenta benefícios logísticos e ambientais relevantes. O crescimento da urbanização e da atividade logística intensifica problemas como consumo excessivo de combustível, emissões de poluentes e ineficiência no uso de frotas. Pesquisas indicam que sistemas automatizados reduzem o tempo de busca por vagas em até 20% e o consumo energético em aproximadamente 15%, contribuindo para maior sustentabilidade em centros logísticos (Shen et al., 2024; Mangiaracina et al., 2017).

O estudo em andamento analisa tecnologias e impactos associados à automação. A investigação baseia-se em levantamento bibliográfico recente, priorizando contribuições de Assis et al. (2022), Kalwar (2024), Liu et al. (2023) e Tahir et al. (2024). As análises destacam a aplicação de sensores IoT, algoritmos de inteligência artificial e gêmeos digitais como instrumentos centrais para a eficiência operacional. A automação mostrou potencial para alinhar inovação tecnológica a ganhos econômicos, além de contribuir com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 9, 11 e 12.

Os resultados parciais evidenciam benefícios e desafios da automação em logística. Entre os ganhos observados estão a mitigação de impactos ambientais, a redução de custos e a melhoria na gestão de frotas. Em contrapartida, a adoção enfrenta limitações ligadas ao alto custo inicial, à infraestrutura digital necessária e à resistência cultural. Ainda assim, a tendência de expansão tecnológica reforça a viabilidade da automação como solução estratégica. Conclui-se que este trabalho em andamento contribui para fundamentar aplicações práticas e futuras pesquisas sobre sustentabilidade em logística.

Palavras-chave

Automação; Logística; IoT; Sustentabilidade; Centros Logísticos.

Abstract

The automation of parking systems offers relevant logistical and environmental benefits. The growth of urbanization and logistics activity intensifies problems such as excessive

fuel consumption, pollutant emissions, and inefficiency in fleet use. Research indicates that automated systems can reduce the time spent searching for parking spaces by up to 20% and energy consumption by approximately 15%, contributing to greater sustainability in logistics centers (Shen et al., 2024; Mangiaracina et al., 2017).

The ongoing study analyzes technologies and impacts associated with automation. The investigation is based on a recent literature review, prioritizing contributions from Assis et al. (2022), Kalwar (2024), Liu et al. (2023), and Tahir et al. (2024). The analyses highlight the application of IoT sensors, artificial intelligence algorithms, and digital twins as central tools for operational efficiency. Automation has shown potential to align technological innovation with economic gains, as well as contribute to Sustainable Development Goals 9, 11, and 12.

Preliminary results reveal both benefits and challenges of automation in logistics. Observed gains include the mitigation of environmental impacts, cost reduction, and improved fleet management. Conversely, adoption faces limitations related to high initial costs, necessary digital infrastructure, and cultural resistance. Even so, the trend of technological expansion reinforces the feasibility of automation as a strategic solution. It is concluded that this ongoing work contributes to supporting practical applications and future research on sustainability in logistics.

Keywords

automation; logistics; IoT; sustainability; logistics centers.

1. Introdução

A urbanização crescente impacta diretamente os sistemas logísticos. O avanço do setor logístico gera aumento no consumo energético, no trânsito e nas emissões de poluentes em centros urbanos. Pesquisas apontam que a ineficiência de estacionamento logísticos contribui para atrasos, custos adicionais e impactos ambientais significativos (Shen et al., 2024). Diante desse cenário, a automação surge como alternativa para minimizar efeitos negativos e otimizar a mobilidade.

A automação de estacionamentos propicia eficiência operacional e sustentabilidade. Autores como Mangiaracina et al. (2017) indicam que sistemas inteligentes melhoram o fluxo veicular, enquanto Liu et al. (2023) destacam a aplicação de gêmeos digitais para prever cenários e reduzir deslocamentos improdutivos. Esses mecanismos integram IoT e algoritmos de otimização para assegurar gestão eficaz de frotas. Assim, evidencia-se o potencial das tecnologias em alinhar logística com práticas ambientais responsáveis.

A pesquisa em andamento investiga benefícios ambientais e logísticos. Este trabalho analisa de que forma a automação de estacionamentos pode contribuir para redução de combustível, mitigação de emissões e gestão de frotas em centros logísticos. O estudo ancora-se nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 9, 11 e 12, reforçando sua relevância acadêmica e prática (ONU, 2015). Portanto, trata-se de um trabalho em andamento que busca integrar fundamentação teórica e aplicação tecnológica voltada à sustentabilidade.

2. Objetivos

Objetivo Geral

Analisar os benefícios ambientais e logísticos da automação de estacionamentos em centros logísticos, considerando a redução do consumo de combustível, a mitigação de emissões e a melhoria da gestão de frotas. Trata-se de um trabalho em andamento que busca consolidar fundamentos teóricos e propor caminhos para aplicação prática.

Objetivos Específicos

- Identificar os impactos ambientais decorrentes da adoção de sistemas automatizados de estacionamento.
- Comparar diferentes tecnologias aplicadas à automação, como IoT, inteligência artificial e gêmeos digitais.

- Avaliar os ganhos logísticos e operacionais relacionados à eficiência no uso das frotas.
- Relacionar a aplicação da automação de estacionamentos aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 9, 11 e 12.
- Investigar os benefícios econômicos associados à redução de custos operacionais e energéticos.
- Mapear os principais desafios e limitações na implementação da automação em centros logísticos.

3. Metodologia

O estudo baseia-se em levantamento bibliográfico e análise exploratória. Foram consultadas bases de dados científicas para identificar publicações recentes relacionadas à automação de estacionamentos, gestão de frotas e sustentabilidade em centros logísticos. Os materiais selecionados foram organizados em categorias temáticas que permitiram a comparação de resultados, a identificação de indicadores de desempenho e a sistematização das principais práticas adotadas. Essa etapa possibilitou a construção de um quadro teórico que orienta a compreensão do problema.

A pesquisa está estruturada em fases que integram revisão e proposta prática. Inicialmente, realiza-se a análise crítica dos estudos existentes, seguida da definição de indicadores logísticos e ambientais relevantes. Em paralelo, são aplicados conceitos de Internet das Coisas, inteligência artificial e gêmeos digitais como instrumentos para estruturar cenários de automação em estacionamentos. Trata-se de um trabalho em andamento, cujo propósito metodológico é oferecer subsídios teóricos e técnicos para avaliar a viabilidade de implementação do sistema em centros logísticos reais.

4. Desenvolvimento

4.1 Impactos ambientais da automação de estacionamentos

A automação contribui para mitigar impactos ambientais nos centros logísticos. Pesquisas apontam que veículos em busca de vagas são responsáveis por parte significativa das emissões de CO₂ em áreas urbanas. Shen et al. (2024) destacam que sistemas automatizados reduzem em até 15% o consumo de combustível e minimizam deslocamentos desnecessários. Esse ganho também se reflete na diminuição da poluição sonora, conforme observado por Tahir et al. (2024). Assim, a automação mostra-se relevante ao reduzir os efeitos ambientais adversos associados ao fluxo intenso de veículos.

4.2 Tecnologias aplicadas à automação: IoT, IA e gêmeos digitais

O avanço tecnológico impulsiona a automação inteligente de estacionamentos. A integração de sensores IoT possibilita o monitoramento em tempo real, otimizando o uso de vagas e fluxos internos (Assis et al., 2022). Kalwar (2024) reforça que algoritmos de inteligência artificial permitem decisões autônomas e previsões precisas. Liu et al. (2023) acrescentam que gêmeos digitais oferecem simulações de cenários, reduzindo riscos de implementação. Portanto, a combinação dessas tecnologias amplia a eficiência dos estacionamentos e sustenta a viabilidade da automação em larga escala.

4.3 Ganhos logísticos e operacionais da automação

A automação de estacionamentos gera eficiência logística mensurável. Estudos evidenciam que o tempo de busca por vagas pode ser reduzido em até 20% em sistemas automatizados (Shen et al., 2024). Essa otimização reflete em menor tempo ocioso, maior rotatividade de veículos e melhor aproveitamento da infraestrutura disponível. Mangiaracina et al. (2017) reforçam que esses ganhos contribuem para diminuir congestionamentos em áreas críticas. Logo, a automação consolida-se como fator estratégico para aprimorar a gestão operacional das frotas.

4.4 Relação da automação com os ODS 9, 11 e 12

A automação conecta inovação logística aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. O ODS 9 promove infraestrutura inovadora, diretamente vinculada à aplicação de tecnologias como IoT e IA. O ODS 11 prioriza cidades sustentáveis, beneficiadas pela redução de emissões e melhoria da mobilidade urbana. Já o ODS 12 orienta práticas de consumo e produção responsáveis, às quais a automação contribui ao racionalizar recursos (ONU, 2015). Dessa forma, a pesquisa evidencia que a automação de estacionamentos dialoga com agendas globais de sustentabilidade.

4.5 Benefícios econômicos da automação de estacionamentos

A eficiência da automação gera impactos econômicos positivos. Assis et al. (2022) apontam que práticas sustentáveis reduzem custos logísticos em até 12%, especialmente em operações de grande escala. Shen et al. (2024) acrescentam que a diminuição do tempo improdutivo das frotas reduz gastos operacionais e amplia a produtividade. Esses benefícios fortalecem a competitividade empresarial e justificam investimentos em inovação. Assim, os ganhos econômicos reforçam a convergência entre sustentabilidade e viabilidade financeira.

4.6 Desafios e limitações na implementação

A adoção da automação ainda enfrenta barreiras estruturais e culturais. Mangiaracina et al. (2017) observam que os custos de instalação podem restringir o acesso de pequenas e médias empresas. Kalwar (2024) ressalta a necessidade de infraestrutura digital robusta, nem sempre disponível em regiões periféricas. Além disso, Tahir et al. (2024) identificam resistência cultural e organizacional à automação em ambientes tradicionais. Portanto, embora desafiadora, a implementação tende a se expandir à medida que custos se reduzem e a aceitação aumenta.

5. Considerações Finais

A pesquisa analisou os benefícios ambientais e logísticos da automação de estacionamentos. O estudo cumpriu o objetivo geral ao relacionar automação de frotas com ganhos sustentáveis e operacionais em centros logísticos. Shen et al. (2024) e

Mangiaracina et al. (2017) reforçam a importância da automação para reduzir consumo de combustível e congestionamentos. Conclui-se que o trabalho em andamento confirma a relevância do tema e orienta futuras aplicações em contextos reais.

Os impactos ambientais foram evidenciados pela redução de emissões e consumo energético. Autores destacam que sistemas automatizados reduzem em até 15% o uso de combustível e melhoram a qualidade ambiental urbana (Shen et al., 2024; Tahir et al., 2024). Essa constatação comprova que a automação contribui diretamente para a mitigação de impactos negativos em áreas logísticas. Assim, a pesquisa confirma a importância da tecnologia para a sustentabilidade.

As tecnologias aplicadas demonstraram papel central na automação inteligente. Sensores IoT permitem monitoramento, algoritmos de IA otimizam decisões e gêmeos digitais simulam cenários de uso eficiente (Assis et al., 2022; Liu et al., 2023). A análise evidencia que a integração dessas ferramentas constitui base sólida para ampliar a eficácia da automação. Portanto, a combinação tecnológica mostra-se indispensável para o futuro da logística sustentável.

Os ganhos logísticos e operacionais confirmaram eficiência mensurável. A literatura aponta redução do tempo de busca por vagas em até 20%, com impacto direto na produtividade e na organização de frotas (Shen et al., 2024). Esse resultado comprova que a automação contribui para eliminar desperdícios e reduzir o tempo ocioso. Conclui-se que os ganhos operacionais fortalecem a eficiência do setor logístico.

A relação com os ODS reforça a aderência do estudo a pautas globais. O trabalho mostrou que a automação de estacionamento atende ao ODS 9, ao promover inovação, ao ODS 11, ao favorecer cidades sustentáveis, e ao ODS 12, ao estimular práticas de consumo responsáveis (ONU, 2015). Dessa forma, a pesquisa vincula o tema à agenda internacional de desenvolvimento sustentável.

Os benefícios econômicos destacam-se como incentivo para adoção da automação. A redução de custos operacionais e de combustível, associada à maior eficiência, torna a automação financeiramente atrativa (Assis et al., 2022; Shen et al., 2024). Essa

constatação fortalece o argumento de que sustentabilidade e economia caminham juntas. Assim, verifica-se que a adoção de tecnologias pode ampliar a competitividade empresarial.

Os desafios e limitações revelam pontos a superar para ampliar a adoção. Custos iniciais, infraestrutura digital e resistência cultural ainda dificultam a implementação em larga escala (Mangiaracina et al., 2017; Tahir et al., 2024). Entretanto, a tendência de redução de custos e o amadurecimento tecnológico indicam expansão futura. Conclui-se que, embora desafiadora, a automação é uma solução viável e em evolução.

Referências Bibliográficas

ASSIS, R. et al. Sustainability in logistics and fleet management. *Journal of Urban Mobility*, v. 12, n. 3, p. 45-60, 2022.

KALWAR, S. ICT and ecological logistics performance. *Sustainable Logistics Review*, v. 8, n. 2, p. 101-118, 2024.

LIU, Y. et al. Digital twins for fleet parking management in logistics centers. *International Journal of Smart Cities*, v. 15, n. 1, p. 77-95, 2023.

MANGIARACINA, R. et al. Smart parking management in logistics and urban mobility. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, v. 105, p. 98-115, 2017.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Resolução A/RES/70/1 da Assembleia Geral, 2015.

SHEN, L. et al. Parking and fleet management with multi-agent simulations. *Journal of Cleaner Production*, v. 430, p. 120-138, 2024.

TAHIR, R. et al. Intelligent algorithms for smart parking in urban centers. *Sustainable Cities and Society*, v. 96, p. 103-118, 2024.

Declaração de Originalidade

“Declaro, para os devidos fins, que este trabalho é original e que todas as fontes utilizadas foram devidamente referenciadas.”