

Evolução dos Transportes na Cadeia de Abastecimento: Tecnologia, Globalização e Sustentabilidade

Autor: Mário Fernando Carrilho Negas

Afiliação: LE@D – Laboratório de Educação a Distância e eLearning, Universidade Aberta

Ciência Vitae: 201C-F44D-2254

ORCID: 0000-0003-3541-1160

Ano: 2025

DOI: (a atribuir)



Evolução dos Transportes na Cadeia de Abastecimento: Tecnologia, Globalização e Sustentabilidade © 2025 by Mário Fernando Carrilho Negas is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International. To view a copy of this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Resumo

É analisa a evolução do papel dos transportes na Cadeia de Abastecimento, evidenciando a transição de uma função predominantemente operacional para uma função estratégica. O texto aborda o impacto da digitalização e de tecnologias como IoT, Big Data e Inteligência Artificial na visibilidade, eficiência e resiliência dos sistemas de transporte. Analisa-se ainda o efeito da globalização e do alongamento das cadeias, destacando o aumento da complexidade e do risco logístico. São discutidos os contributos da multimodalidade e da intermodalidade para a eficiência e sustentabilidade, bem como os principais *trade-offs* entre custo, tempo, sustentabilidade e terceirização.

Palavras-chave: Transportes, Cadeia de Abastecimento, Globalização, Sustentabilidade, Multimodalidade

Objetivos de aprendizagem

No final deste texto, deverá ser capaz de:

- Compreender a evolução do papel dos transportes na Cadeia de Abastecimento (CA);
- Analisar o impacto da tecnologia e da digitalização nos sistemas de transporte;

- Avaliar os efeitos da globalização e do aumento da extensão das cadeias;
- Distinguir multimodalidade e intermodalidade e os seus contributos para a eficiência logística;
- Discutir os principais *trade-offs* na gestão dos transportes, incluindo sustentabilidade e terceirização.

1. Introdução: O papel estratégico dos transportes na Cadeia de Abastecimento

Os transportes constituem um dos pilares fundamentais da Cadeia de Abastecimento, assegurando a ligação física entre os diferentes nós da rede logística. Ao longo das últimas décadas, o papel dos transportes evoluiu de uma função predominantemente operacional para uma função estratégica, fortemente integrada com decisões de planeamento, serviço ao cliente e sustentabilidade.

A literatura recente evidencia que o desempenho da CA está intimamente ligado à eficiência, fiabilidade e flexibilidade dos sistemas de transporte, especialmente em contextos marcados por globalização, digitalização e crescente exigência dos consumidores (Hesse & Rodrigue, 2004; Olsson et al., 2023).

2. Evolução das Tecnologias de Transporte

A evolução tecnológica tem sido um dos principais motores de transformação dos transportes na CA. A introdução de tecnologias digitais permitiu um nível de visibilidade e controlo anteriormente inexistente.

Ferramentas como o GPS, a Internet das Coisas (IoT) e os Sistemas de Gestão de Transportes (TMS) possibilitam o rastreamento em tempo real das mercadorias, melhorando a precisão das entregas e a capacidade de resposta a eventos imprevistos. Paralelamente, a utilização de Big Data e Inteligência Artificial (IA) permite análises preditivas avançadas, nomeadamente:

- previsão de flutuações da procura;
- otimização dinâmica de rotas;
- redução de custos operacionais e tempos de trânsito.

Segundo Queiroz et al. (2022), a digitalização dos transportes contribui significativamente para a agilidade e resiliência das cadeias de abastecimento, ao facilitar decisões rápidas baseadas em dados fiáveis.

A automação estende-se também aos meios físicos de transporte, com o desenvolvimento de veículos autónomos e drones, particularmente relevantes na logística de *last mile*. Embora ainda em fase de adoção gradual, estas tecnologias apresentam potencial para reduzir custos, aumentar a segurança e melhorar tempos de entrega em ambientes urbanos densos.

3. Cadeias de Abastecimento Mais Longas e Globalizadas

A globalização e a intensificação do comércio internacional conduziram ao alongamento significativo das cadeias de abastecimento. Atualmente, é comum que matérias-primas, componentes e produtos acabados atravessem múltiplos países e continentes antes de chegarem ao consumidor final.

Este aumento da extensão geográfica implica maior complexidade logística e exige uma coordenação eficaz entre diferentes modos de transporte, tais como: rodoviário, ferroviário, marítimo e aéreo. Ao mesmo tempo, cadeias mais longas estão mais expostas a riscos, como:

- desastres naturais;
- instabilidade geopolítica;
- pandemias;
- rupturas em infraestruturas críticas.

Como resposta, as organizações passaram a valorizar não apenas a eficiência, mas também a resiliência dos transportes, investindo em redundância, diversificação de rotas e visibilidade de ponta a ponta (Ivanov, 2021).

4. Variedade de Serviços, Multimodalidade e Intermodalidade

Outra evolução significativa nos transportes da CA é a crescente adoção da multimodalidade e da intermodalidade.

A multimodalidade consiste na utilização combinada de diferentes modos de transporte ao longo da cadeia, escolhidos em função de critérios como custo, tempo, fiabilidade e impacto ambiental. A intermodalidade, por sua vez, baseia-se na utilização de unidades de carga padronizadas (como contentores), permitindo a transferência entre modos sem manuseamento da mercadoria.

Estas abordagens oferecem várias vantagens:

- maior flexibilidade operacional;
- otimização de custos e prazos;
- redução da dependência de um único modo de transporte;
- aumento da resiliência da cadeia.

Segundo Hoffelner et al. (2024), Sawadogo & Anciaux (2011), Krstić et al. (2025) e Ferguson et al. (2025), a intermodalidade assume também um papel relevante na redução do impacto ambiental dos transportes, sobretudo quando combina modos mais sustentáveis, como o ferroviário e o marítimo.

5. Aumento do Consumo e Expectativas dos Consumidores

O crescimento do consumo e, em particular, a expansão do **comércio eletrônico**, transformaram profundamente os requisitos dos sistemas de transporte. Os consumidores passaram a exigir:

- entregas mais rápidas;
- maior flexibilidade;
- opções personalizadas (entrega no mesmo dia, janelas horárias, pontos de recolha).

Estas exigências aumentaram a pressão sobre a logística de last mile, frequentemente considerada a fase mais complexa e dispendiosa da distribuição. Para responder a este desafio, as empresas investem em:

- TMS avançados;
- redes de distribuição urbana;
- parcerias com operadores locais;
- soluções de micro-hubs urbanos.

A eficiência nos últimos quilómetros tornou-se um fator crítico de diferenciação competitiva e de satisfação do cliente (Olsson et al., 2023).

6. Trade-offs na Gestão dos Transportes

A gestão dos transportes na CA envolve múltiplos *trade-offs*, sendo o mais clássico o equilíbrio entre rapidez e custo. Modos de transporte mais rápidos, como o aéreo, implicam custos significativamente mais elevados, enquanto modos mais económicos, como o marítimo, apresentam tempos de trânsito longos e maior exposição a riscos externos.

6.1 Pegada de Carbono e Sustentabilidade

A sustentabilidade tornou-se um critério central na tomada de decisões de transporte. As organizações enfrentam crescente pressão regulatória (por exemplo, da União Europeia) e social para reduzir a sua pegada de carbono.

Neste contexto, ganham relevância:

- veículos elétricos e híbridos;
- combustíveis alternativos;
- otimização de rotas;
- transferência modal para opções mais sustentáveis.

Segundo McKinnon (2018), a descarbonização dos transportes é um dos maiores desafios logísticos das próximas décadas, exigindo mudanças estruturais e tecnológicas profundas.

6.2 Terceirização dos Serviços de Transporte

A terceirização (*outsourcing*) dos serviços de transporte e logística é outra tendência marcante. Muitas empresas optam por recorrer a operadores logísticos especializados para:

- reduzir custos fixos;
- obter economias de escala;
- aumentar flexibilidade operacional.

Contudo, esta opção exige uma gestão rigorosa das parcerias, de forma a assegurar níveis de serviço, fiabilidade e alinhamento estratégico (Marchet et al., 2018).

7. Síntese Final

A evolução dos transportes na Cadeia de Abastecimento reflete transformações profundas ao nível tecnológico, económico e social. Os transportes deixaram de ser apenas um centro de custos para se tornarem um elemento estratégico, determinante para a eficiência, resiliência e sustentabilidade da CA. A compreensão dos seus *trade-offs* e tendências é essencial para uma gestão logística moderna e competitiva.

Questões de Revisão e Aprofundamento

1. Analise de que forma a digitalização e o uso de tecnologias como IoT, IA e Big Data transformaram a gestão dos transportes na Cadeia de Abastecimento.
2. Explique os principais desafios associados ao alongamento das cadeias de abastecimento e discuta o papel dos transportes na mitigação desses riscos.
3. Compare os conceitos de multimodalidade e intermodalidade, destacando as suas vantagens e limitações na gestão logística.
4. Avalie o impacto do comércio eletrónico e das expectativas dos consumidores na logística de *last mile*.
5. Discuta os principais *trade-offs* entre custo, tempo e sustentabilidade na escolha dos modos de transporte.
6. Analise as vantagens e riscos associados à terceirização dos serviços de transporte e logística.

Referências bibliográficas

- Hesse, M., & Rodrigue, J.-P. (2004). The transport geography of logistics and freight distribution. *Journal of Transport Geography*, 12(3), 171–184. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2003.12.004>
- Hoffelner, M., Woschank, M., & Jöbstl, L. (2024). *Sustainable aspects of intermodal transport: A systematic literature review on the current state*. In *Latest Advancements in Mechanical Engineering* (pp. 144–155). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-70465-9_16
- Ivanov, D. (2021). Supply chain viability and the COVID-19 pandemic: A conceptual and formal generalisation of four major adaptation strategies. *International Journal of Production Research*, 59(12), 3535–3552. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1890852>
- Krstić, M., Tadić, S., Miglietta, P. P., & Porrini, D. (2025). *Enhancing biodiversity and environmental sustainability in intermodal transport: A GIS-based multi-criteria evaluation framework*. *Sustainability*, 17(4), 1391. <https://doi.org/10.3390/su17041391>
- Marchet, G., Melacini, M., Perotti, S., Rasini, M., & Tappia, E. (2018). Business logistics models in omni-channel: A classification framework and empirical analysis. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 48(4), 439–464. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-09-2016-0273>
- Martinez Ferguson, M., Sharmin, A., Camur, M. C., & Li, X. (2025). *A review on intermodal transportation and decarbonization: An operations research perspective*. arXiv:2503.12322.
- McKinnon, A. (2018). *Decarbonizing logistics: Distributing goods in a low carbon world*. Kogan Page.
- Olsson, J., Hellström, D., & Pålsson, H. (2019). Framework of last mile logistics research: A systematic review of the literature. *Sustainability*, 11(24), 7131. <https://doi.org/10.3390/su11247131>
- Queiroz, M. M., Ivanov, D., Dolgui, A., & Fosso Wamba, S. (2022). Impacts of digital technologies on supply chain resilience: Empirical evidence from the COVID-19 pandemic. *International Journal of Production Economics*, 245, 108379. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108379>
- Sawadogo, M., & Anciaux, D. (2011). *Reducing the environmental impacts of intermodal transportation: A multi-criteria analysis based on ELECTRE and AHP methods*. *Proceedings of the 3rd International Conference on Information Systems, Logistics and Supply Chain*, 224–234.