



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

Impactos Externos dos 5 Modais de Transporte

Hugo Isaías Fantin de Oliveira

FATEC Carapicuíba (hugo.oliveira24@fatec.sp.gov.br)

Matheus de Sousa Jardim

FATEC Carapicuíba (matheus.jardim@fatec.sp.gov.br)

Vinícius Francisco Medeiros

FATEC Carapicuíba (vinicius.medeiros10@fatec.sp.gov.br)

Mauro Campello

FATEC Cotia (mauro.campello@fatec.sp.gov.br)

CONTEXTUALIZAÇÃO: O transporte de mercadorias e pessoas é um componente essencial da infraestrutura de qualquer país, desempenhando um papel fundamental na economia local e global. O conceito de cadeia de suprimentos (*supply chain*), presente na logística empresarial, é apoiado pelo uso de diversos modais de transporte: rodoviário, ferroviário, aquaviário, aéreo e dutoviário (Soliani e Argoud, 2018). Cada modal possui suas vantagens e desvantagens, e cabe às organizações a definição de qual é o mais eficiente, não só para atender sua clientela, bem como otimizar os próprios resultados. Entretanto, nos últimos anos, é notório que as operações logísticas vêm mudando o planeta significativamente. O Brasil é dependente do modal rodoviário, com sua presença ampliando-se ainda mais nos últimos anos, por conta de novas tendências, como o *e-commerce* (Santos *et al.*, 2015). As demais formas de transporte também podem ser extremamente prejudiciais ao meio ambiente, e, à medida que as populações urbanas crescem e as necessidades de movimentação de mercadorias se intensificam, os impactos desses modais tornam-se uma questão crucial para a sustentabilidade e o bem-estar das sociedades (Vasconcellos, 2006).



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

OBJETIVO: O objetivo deste estudo é analisar os principais impactos externos de cada um dos cinco modais de transporte (rodoviário, ferroviário, aquaviário, aéreo e dutoviário), destacando os efeitos positivos e negativos, e propondo um olhar crítico sobre como esses impactos podem ser minimizados, promovendo a construção de um sistema de transporte mais sustentável. A análise inclui tanto os efeitos diretos, quanto indiretos de cada modal, como as emissões de gases poluentes, os acidentes e a segurança, os impactos na saúde pública, a eficiência energética, os custos econômicos e a poluição sonora nas comunidades.

MÉTODO: A metodologia adotada é qualitativa e tem como base uma revisão literária sobre os impactos ambientais e sociais dos diferentes modais de transporte. Os dados utilizados para apoiar o estudo foram coletados por meio de livros, *sites* governamentais, e artigos acadêmicos. Algumas das principais fontes bibliográficas utilizadas são a Confederação Nacional do Transporte (CNT) e o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), visto que são duas entidades centrais que estão interligadas com a temática da pesquisa.

RESULTADOS E DISCUSSÕES: Os modais de transporte são essenciais para a economia, mas também geram impactos ambientais e sociais significativos. Esses impactos variam conforme o tipo de transporte e suas características operacionais. O transporte rodoviário é amplamente utilizado, mas é um dos maiores responsáveis pela poluição atmosférica. A emissão de gases como CO₂ e NO_x contribui para o aquecimento global e a poluição do ar (João e Vetorazzi, 2016). Além disso, a construção de rodovias pode levar à fragmentação de ecossistemas e à perda de biodiversidade (Soliani e Argoud, 2018). Embora seja flexível, a infraestrutura rodoviária exige altos investimentos e causa danos ambientais consideráveis. O transporte ferroviário, por sua vez, apresenta vantagens em termos de eficiência energética e menor emissão de poluentes. No entanto, a construção de ferrovias pode destruir *habitats* naturais e afetar comunidades (Rocha, 2020). O transporte ferroviário é uma alternativa mais sustentável, mas ainda exige cuidados com os impactos sociais e ambientais: ruído e o risco de acidentes com substâncias perigosas transportadas. O transporte aquaviário, considerado eficiente em



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

termos de energia, também causa impactos, especialmente no que diz respeito à poluição da água e danos aos ecossistemas marinhos (Silva, Martins e Azevedo, 2023). Embora seja mais sustentável para grandes volumes de carga, os portos e as rotas aquaviárias podem afetar a biodiversidade e exigir regulamentações rigorosas para minimizar os danos. Apesar das expressões aquaviário e hidroviário serem utilizadas como sinônimas, há uma pequena diferença: aquaviário refere-se ao transporte que utiliza vias navegáveis, naturais ou artificiais (oceanos, mares, rios, lagos e canais), para movimentação de cargas e passageiros; o hidroviário refere-se especificamente às vias navegáveis interiores (rios, lagos e canais). O transporte aéreo se destaca por ser o mais rápido, sendo essencial para a conectividade global, mas é um grande emissor de gases de efeito estufa, contribuindo para a mudança climática (Nascimento, 2019). A construção de aeroportos e a expansão das rotas aéreas também afetam ecossistemas locais e geram poluição sonora nas comunidades próximas, além do risco de acidentes. O desenvolvimento de tecnologias mais limpas, como o combustível sustentável de aviação (SAF - *Sustainable Aviation Fuel*), é crucial para reduzir os impactos ambientais do transporte aéreo. Por fim, o transporte dutoviário, usado principalmente para o transporte de líquidos e gases, apresenta baixos impactos em termos de emissões, mas os riscos de acidentes, como derramamentos de petróleo ou outros produtos perigosos, como ácidos e gases, podem ter efeitos devastadores sobre o meio ambiente e pessoas (Braga e Leister, 2018). Embora seja eficiente para o transporte de grandes quantidades de substâncias, a segurança e a minimização de riscos são fundamentais. Em suma, cada modal de transporte tem seus benefícios e desafios, sendo necessário o desenvolvimento de tecnologias mais sustentáveis e políticas públicas eficazes para mitigar seus impactos ambientais e sociais. A integração de modais e o incentivo ao uso de soluções mais limpas são essenciais para um sistema de transporte mais equilibrado e sustentável.

CONSIDERAÇÕES FINAIS: Os cinco modos de transporte têm diferentes impactos externos, e cada um traz desafios e possibilidades para aprimorar a sustentabilidade do sistema de transporte mundial. O transporte rodoviário, devido à sua versatilidade - é o único que faz “porta-a-porta” - e extensão, mantém sua importância, contudo, os obstáculos ligados à poluição, segurança e à dependência de combustíveis fósseis são



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

consideráveis. Os transportes ferroviário e marítimo oferecem opções mais eficazes em relação ao uso de combustível e à emissão de gases poluentes, bem como em relação ao volume de carga transportado, contudo, requerem infraestrutura especializada e, em algumas situações, investimentos significativamente elevados. Apesar de ser essencial para a mobilidade rápida, o transporte aéreo apresenta elevados custos ambientais e lida com problemas ligados à poluição sonora e ao uso de combustível. Apesar de ser eficaz e relativamente menos poluente, o transporte por dutos requer precauções em relação ao perigo de vazamentos e impactos ao meio ambiente. É crucial que as políticas governamentais e as inovações tecnológicas foquem na otimização da eficácia dos modais já existentes e na diminuição dos efeitos adversos. A implementação de tecnologias mais ecológicas, o estímulo à intermodalidade e o aporte em infraestrutura sustentável são táticas cruciais para estabelecer um sistema de transporte mais harmonioso e consciente do impacto ambiental. No caso do modal rodoviário, uma alternativa de redução dos impactos é a substituição por veículos elétricos ou que utilizem combustível de origem não fóssil e renovável. A mudança para um meio de transporte mais sustentável requer ações conjuntas entre governos, corporações e a sociedade civil, com o objetivo de reduzir os efeitos adversos e fomentar a construção de um futuro mais ecológico e eficaz.

PALAVRAS-CHAVE: Infraestrutura de Transporte, Impactos Ambientais, Sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

BRAGA, A. C.; LEISTER, A. C. C. C. Uma análise do mercado do transporte dutoviário de petróleo seus derivados e gás natural no Brasil. *In: Caminhos de Geografia*, v. 19, n. 67, p. 234-252. 2018. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/issue/view/1666>. Acesso em: 7 dez. 2024 e 28 ago. 2025.

JOÃO, A. M.; VETORAZZI, A. C.; ROCHA, F. V.; BARTHOLOMEU, D. B.; CAIXETA-FILHO, J. V. **Emissão de CO₂ na logística de exportação de soja do Mato Grosso**. Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

Piracicaba, 2016. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002970796>. Acesso em: 21 ago. 2025.

NASCIMENTO, L. A. B. M. **Externalidades Associadas ao Transporte Aéreo: O Caso do Impacto Ambiental (Gases de Efeito de Estufa e Ruído) em São Tomé e Príncipe**. Dissertação de Mestrado. Universidade da Beira Interior, 2019. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.6/8489>. Acesso em: 10 ago.2025.

ROCHA, F. V. **Análise de eficiência dos projetos de investimento em infraestrutura multimodal para o transporte de soja no Brasil**. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, 2020. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/slideshow/anlise-de-eficincia-dos-projetos-de-investimento-em-infraestrutura-multimodal-para-o-transporte-de-soja-no-brasil-tese-de-doutorado-em-economia-aplicada/239919983>. Acesso em: 21 ago. 2025.

SANTOS, J. S. *et al.* Logística verde: conceituação e direcionamentos para aplicação. *In: Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v.19, n.2, mai-ago.2015, p. 314-331. 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/15912>. Acesso em: 7 dez. 2024.

SILVA, M. N.; MARTINS, R. M.; AZEVEDO, A. R. **Estudo de impactos ambientais no modal marítimo-revisão bibliográfica e análise bibliométrica**. 2023. *In: XI SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*. Campina Grande-PB. 2023. Disponível em: <https://dspace.sti.ufcg.edu.br/handle/riufcg/32952> Acesso em: 7 dez. 2024.

SOLIANI, R. D.; ARGOUD, A. R. T. T. A emissão de gases poluentes no transporte rodoviário de cargas brasileiro. *In: Revista Espacios*, v. 39, n. 48. 2018. Disponível em: <http://es.revistaespacios.com/a18v39n48/a18v39n48p14.pdf>. Acesso em: 07 dez. 2024.

VASCONCELLOS, E. A. D. **Transporte e meio ambiente: conceitos e informações para análise de impactos**. São Paulo: Annablume, 2006.