Análise da eficiência logística do sistema de transporte intermodal *Piggyback* no Brasil

Palavras-Chave: *piggyback*, transporte, logística

Autores:

Kenyellen Santos Martins, FCA – UNICAMP

Prof. Dr. Paulo Sérgio de Arruda Ignácio (orientador), FCA - UNICAMP

INTRODUÇÃO:

O transporte intermodal surge como uma alternativa estratégica para otimizar a movimentação de cargas no Brasil, sobretudo frente à predominância do modal rodoviário, que apresenta limitações em termos de sustentabilidade e eficiência logística. Dentre os modelos intermodais, o sistema *piggyback* — caracterizado pelo embarque de semirreboques rodoviários sobre vagões ferroviários — desponta como solução promissora para superar gargalos logísticos, especialmente em regiões com infraestrutura de transbordo limitada. Este trabalho tem como objetivo analisar a eficiência logística do sistema *piggyback* aplicado ao transporte de granéis agrícolas, com base em indicadores de custo, tempo, volume transportado e emissão de CO_2, a partir de um estudo de caso e simulação da rota Rondonópolis–Santos.

METODOLOGIA:

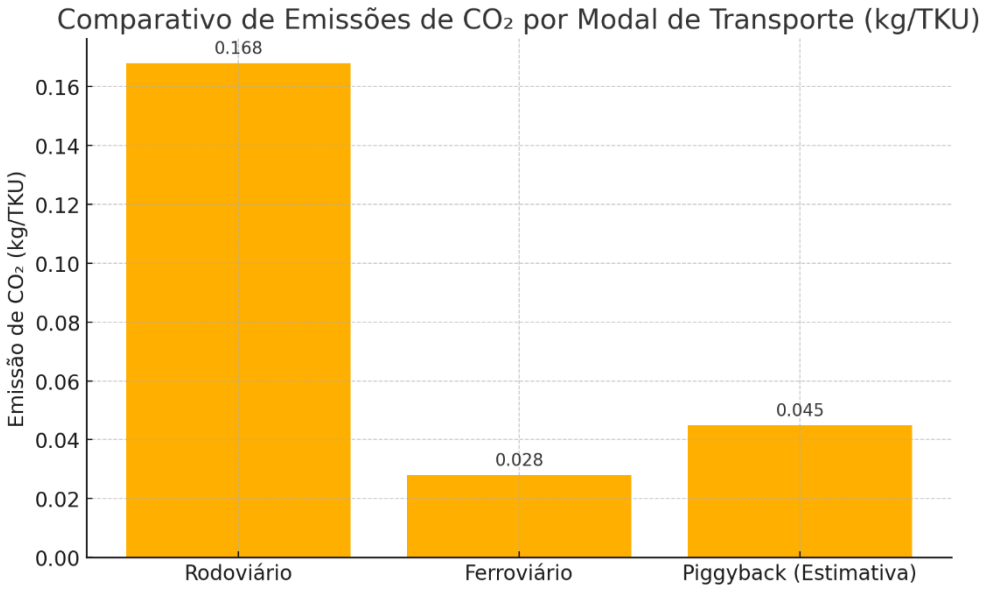
A pesquisa foi dividida em cinco etapas. Na primeira, realizou-se uma revisão bibliográfica em bases como Scopus, Web of Science e ScienceDirect, com palavras-chave relacionadas a transporte intermodal e *piggyback*. A triagem dos artigos foi realizada com auxílio do software Mendeley, e a análise de coocorrência de termos com o VOSviewer, com foco nos temas "*grains*" e "container".
Na segunda etapa, foram coletados dados geoespaciais da malha ferroviária e rodoviária brasileira disponibilizados pela ANTT e IBGE. Na terceira etapa, elaborou-se uma simulação da rota Rondonópolis–Santos no software ArcGIS Pro, utilizando camadas vetoriais de infraestrutura de transporte. O objetivo foi representar a conexão entre polos produtores de grãos e os terminais ferroviários e portuários da região Sudeste, com foco na aplicação potencial do sistema *piggyback*.
A quarta etapa envolveu a análise dos resultados com base nos quatro indicadores definidos. Por fim, na quinta etapa, os dados foram sistematizados em forma de discussão crítica, concluindo com recomendações sobre a aplicabilidade do modelo no contexto logístico brasileiro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A análise da rota Rondonópolis–Santos revelou que o transporte intermodal já se mostra eficiente no escoamento de granéis agrícolas, com custo estimado em R$ 0,10/TKU e redução significativa nas emissões de CO_2, se comparado ao transporte rodoviário exclusivo. O modelo *piggyback*, embora não implementado de forma plena no Brasil, mostrou-se vantajoso como alternativa operacional, principalmente em contextos onde a infraestrutura de transbordo é limitada.

A Figura 1 ilustra o comparativo de emissões de dióxido de carbono (CO_2) entre os modais rodoviário, ferroviário e a estimativa média para o sistema *piggyback*, evidenciando a superioridade ambiental dos modais ferroviários em operações de longa distância.

Figura 1 – Comparativo de emissões de dióxido de carbono (CO_2) entre os modais rodoviário, ferroviário e a estimativa para o sistema *piggyback*



Fonte: Autoria própria

A simulação no ArcGIS demonstrou a viabilidade espacial da aplicação do *piggyback* ao longo da rota analisada, reforçando a importância de investimentos em malhas ferroviárias compatíveis com o gabarito de altura necessário. Estudos indicam que o modal rodoviário perde sustentabilidade econômica e ambiental em distâncias superiores a 500 km — cenário no qual o *piggyback* se apresenta como opção promissora, conforme argumentado por Janic (2007) e corroborado por Costa et al. (2019).

A Figura 2 apresenta a representação geográfica da rota intermodal Rondonópolis–Santos, destacando sua conectividade territorial e o potencial para otimização logística com base na infraestrutura existente.

Figura 2 – Representação Espacial da Rota Intermodal Rondonópolis–Santos (MT–SP)

Fonte: Autoria própria (imagem gerada no ArcGIS pro)

O estudo também evidenciou que o transporte *piggyback*, embora tenha menor densidade de carga por composição, pode reduzir etapas operacionais, tempo de trajeto e emissões indiretas, beneficiando regiões produtoras afastadas dos grandes corredores logísticos. Assim, sua aplicação deve ser considerada como estratégia complementar para ampliar a eficiência e a abrangência do sistema logístico nacional.

CONCLUSÕES:

Os resultados da simulação e do estudo de caso indicam que o sistema *piggyback* pode representar um avanço relevante para a eficiência logística no Brasil, sobretudo no transporte de granéis agrícolas. A rota Rondonópolis–Santos se mostra estratégica não apenas pelo volume transportado e pela conectividade com o Porto de Santos, mas também pelas condições operacionais já consolidadas. A adoção do *piggyback* em trechos com mais de 500 km pode ampliar ganhos logísticos e ambientais, desde que acompanhada por investimentos estruturais e revisões regulatórias.

Ainda que esta pesquisa não tenha realizado modelagens quantitativas complexas, a combinação de simulação espacial, análise de dados públicos e fundamentação científica permitiu explorar o potencial de um sistema logístico ainda pouco difundido no Brasil, reforçando a necessidade de estratégias intermodais adaptadas às especificidades do território nacional.

BIBLIOGRAFIA

BALLOU, R. H. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Logística Empresarial. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

COSTA, J. A. et al. Estudo de Viabilidade do Transporte Intermodal no Brasil. Revista Transportes, v. 27, n. 1, p. 45–58, 2019.

FARIA, A. B.; ALMEIDA, J. P.; PINTO, R. M. Cadeia Logística do Agronegócio: desafios e perspectivas. Revista Gestão e Tecnologia, v. 24, n. 2, 2024.

IEA – *International Energy Agency. The Future of Rail*. 2019.

ILOS – Instituto de Logística e *Supply Chain*. Anuário Logística Brasil. 2023.

JANIC, M. *Modelling the full costs of an intermodal and road freight transport network. Transportation Research, Part D: Transport and Environment*, v. 12, n. 1, p. 33–44, 2007.

MECALUX. O que é Transporte Intermodal. 2024. Disponível em: https://www.mecalux.com.br

PANZAN, L. L. et al. Desafios da implementação do transporte *piggyback* no Brasil. Revista de Transporte e Logística, v. 17, n. 2, p. 87–99, 2022.

RODRIGUE, J. P. *The Geography of Transport Systems. 5. ed. Routledge*, 2020.

SANTOS, L. M. dos. Intermodalidade no transporte de cargas: uma abordagem aplicada ao agronegócio. Dissertação (Mestrado) – UFRJ, 2012.

UIC – *Union Internationale des Chemins de Fer. Railway Handbook*. 2011.

USDA – *United States Department of Agriculture. Railroad Transportation in the United States*. 2020.