



DETERMINAÇÃO DOS CUSTOS EXTERNOS DO TRANSPORTE INTERURBANO E INTERREGIONAL DE CARGAS: UMA ANÁLISE DO TRANSPORTE RODOVIÁRIO E INTERMODAL NAS REGIÕES BRASILEIRAS DE SÃO PAULO e CURITIBA

Palavras-Chave: transporte interurbano de cargas, externalidades, logística

Autores(as):

Danilo Autieri Dos Anjos, FECFAU – UNICAMP

Prof. Dr. Pedro José Pérez-Martínez (orientador), FECFAU – UNICAMP

INTRODUÇÃO:

O transporte interurbano de cargas é um pilar essencial para o funcionamento de todo o país, principalmente em grandes cidades como São Paulo e Curitiba. Essa atividade é responsável por movimentar mercadorias de diversas naturezas, mantendo o abastecimento e a dinâmica econômica entre as diferentes regiões dos Estados. No entanto, é importante reconhecer que, além dos custos diretos inerentes ao transporte de mercadorias, é necessário estudar também os custos externos associados a essa atividade. Estes custos referem-se aos impactos ambientais e socioeconômicos que vão além dos custos financeiros diretos do transporte, afetando tanto as comunidades locais quanto o meio ambiente.

Neste projeto são estudados de forma abrangente os custos externos do transporte interurbano de cargas nas cidades de São Paulo e Curitiba dos modais ferroviário e rodoviário. Analisamos como estes custos podem afetar o bem-estar das populações locais, a qualidade do ar e a sustentabilidade dessas metrópoles em longo prazo. Além disso, são discutidas possíveis soluções e medidas mitigadoras que podem ser adotadas a fim de minimizar esses impactos negativos. É essencial reconhecer a importância desse estudo, pois somente ao compreender e quantificar tais custos, é possível tomar quaisquer decisões mais informadas sobre políticas públicas, investimentos em infraestrutura e incentivos que promovam um transporte de cargas mais sustentável e eficiente.

METODOLOGIA:

Como não são internalizados, os custos externos geralmente são estimados indiretamente, usando métodos como disposição a pagar para evitar, mitigar ou controlar determinados impactos.

Alguns exemplos de custos externos podem ser danos causados por cargas como poluição do ar local e global, congestionamento, ruído e acidentes de trânsito.

Para estimar os custos externos do transporte de mercadorias é necessário construir um modelo que incorpore todos os fatores que influenciam os volumes de transporte de carga e consequentes externalidades em uma rede de transporte. Também é necessário que o modelo represente as ligações entre a carga e as atividades econômicas nas diversas regiões metropolitanas brasileiras. O fluxograma na **Figura 1** representa as etapas para o desenvolvimento de este trabalho.

Dentre as variáveis utilizadas no modelo, cita-se a frequência e a distância média de transporte. A primeira é a relação entre o número de expedições de veículos necessárias para coletar e/ou distribuir um determinado volume de unidades de algum produto. Em uma determinada zona, a frequência é proporcional ao volume das unidades e inversamente proporcional ao produto da capacidade do caminhão e do fator de carga. Tal raciocínio também pode ser aplicado à etapa de distribuição.

Já a distância média de transporte é uma estimativa da distância média de cada elo da cadeia de suprimentos e converte toneladas transportadas em toneladas quilômetro. Ela é determinada também pela eficiência na escolha da rota de viagem e disponibilidade do modal de transporte. Além disso, como variáveis importantes também podemos citar a capacidade de carregamento do modal em unidades de peso, como toneladas e valores percentuais. Outra variável importante diz respeito ao custo inerente aos acidentes, que está associado à gravidade (acidentes fatais, acidentes graves e acidentes leves) e pode ser expresso por milhões de unidade monetária.

O número de caminhões necessários para o transporte de toneladas-quilômetro é determinado pelo peso médio da viagem e pela proporção de quilômetros percorridos em vazio. A carga média da viagem depende da capacidade do veículo (peso e volume) e da utilização do veículo carregado. A proporção de quilômetros percorridos em vazio depende do nível de ocupação das viagens de retorno. Finalmente, os efeitos externos produzidos (isto é, quantidade de combustível consumido e as emissões de CO₂) são uma função da eficiência (ou seja, a eficiência de combustível) com veículos operacionais. Estas eficiências operacionais vêm em parte estabelecidas pelas condições de tráfego em determinados momentos do dia e em determinadas estradas. Para a determinação das emissões de CO₂ e computações globais da externalidade mudança climática, precisamos converter a energia consumida em emissões de CO₂, através da relação de intensidade de CO₂ da fonte de energia em questão. Essa relação depende da escolha do combustível utilizado na atividade de transporte, da fonte de energia e dos percentuais de perda.

As taxas de consumo de energia e emissões de CO₂ para os modos de transporte de carga no mundo são geralmente expressos em quilowatt-hora por tonelada-quilômetro e gramas de CO₂ por tonelada-quilômetro. Essas proporções são baseadas em vários fatores como capacidade, velocidade e nível de carga. As razões fundamentais descritas até agora podem variar dependendo da indústria, da natureza da operação de distribuição do produto, do tipo de mercadoria transportada, do tipo de veículo utilizado etc. Neste projeto, os dados agregados para todos os transportes de mercadorias para o modo rodoviário e ferroviário são analisados. De maneira geral, a eficiência de um modal de transporte pode

ser expressa em toneladas quilômetro ou veículos quilômetro e a eficiência da emissão pode ser expressa pela quantidade de CO₂ emitida por certo tipo de veículo por tonelada quilômetro.

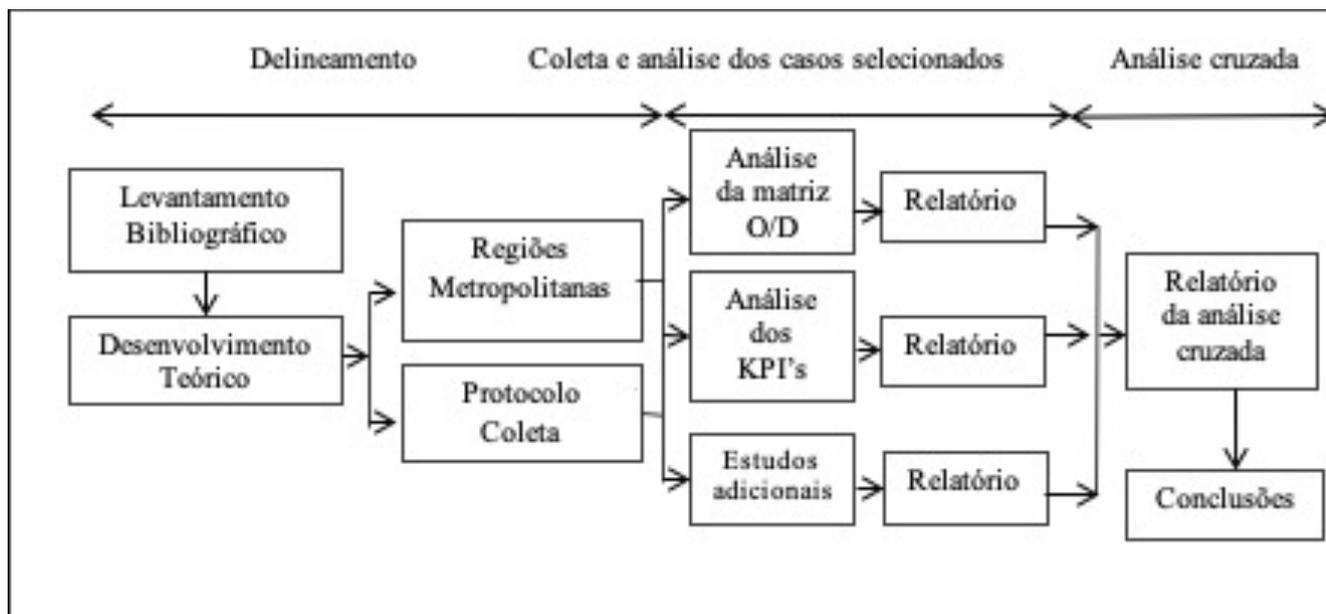


Figura 1 - Fluxograma das etapas no estudo de casos. Fonte: adaptado de Yin (2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Dentre os resultados esperados para esse trabalho, cita-se os três principais: auxílio ao planejamento de políticas públicas, principalmente na área de infraestrutura de transportes, energia e meio ambiente, bem como a identificação e aplicação de indicadores de desempenho, servindo para que o setor privado consiga desenvolver estratégias operacionais em empresas de transporte e logística. Finalmente, este trabalho procura o fomento da sustentabilidade, principalmente pela promoção da intermodalidade e vantagens das novas tecnologias aplicadas ao transporte de cargas.

Como resultados de estudos sobre custos externos, cita-se o trabalho de Janic (2007) que concluiu que a diminuição dos custos no transporte de cargas europeu ocorre mais rapidamente com o aumento da distância no transporte intermodal do que no transporte rodoviário. Outro estudo, desenvolvido por Pérez-Martínez e Vassalo-Magro (2013) na Espanha determinou que o transporte rodoviário vem apresentando menores custos externos por tonelada transportada. Dentre os fatores, cita-se uma série de medidas e políticas públicas recentemente desenvolvidas, centradas principalmente na distribuição modal, nas taxas de ocupação dos veículos e na eficiência do uso de combustível.

De maneira geral, dentre as possíveis medidas mitigadoras dos custos externos, cita-se melhorar a capacidade de carga dos veículos, aumentar o número de operações noturnas e utilização de veículos com baixas intensidades de CO₂, a exemplo de modelos elétricos, que têm como vantagem, a otimização acerca do ciclo de vida e a descarbonização em relação aos veículos tradicionais (Teoh et al., 2018).

O transporte não é mais do que uma variável de ajuste em um sistema cada vez mais globalizado em que clientes e consumidores devem ser servidos na hora e local certos. Ele força o entregador a se

ajustar ao ambiente da cidade e suas restrições (congestionamento, ruas estreitas, obstáculos físicos de todos os tipos etc.). Além disso, a competitividade na indústria de caminhões e empresas de logística é enorme, especialmente para empresas de pequeno e médio porte que operam nas cidades, e para permanecer no negócio, muitos operadores optam por reduzir seus custos aumentando a vida útil de seus veículos ou as horas de trabalho (Dablanc, 2007).

Por fim, este trabalho além das propostas acima levantadas, procura estimular o uso consciente e sustentável do transporte urbano de cargas nos grandes centros urbanos, não só em relação ao governo ou ao setor privado, mas à sociedade como um todo, de modo a promover o desenvolvimento econômico, social e ambiental. Com os dados extraídos do site do MINFRA e a matriz Origem-Destino do estado de São Paulo, foi possível definir as principais rodovias e ferrovias do transporte de cargas de São Paulo, sendo elas a Rodovia Presidente Dutra (sentido Rio de Janeiro), Rodovia dos Bandeirantes (sentido interior de SP), Rodovia dos Imigrantes (sentido litoral de SP), além de algumas das principais ferrovias da cidade, como pode ser visto na matriz Origem-Destino ao lado (figura 2).

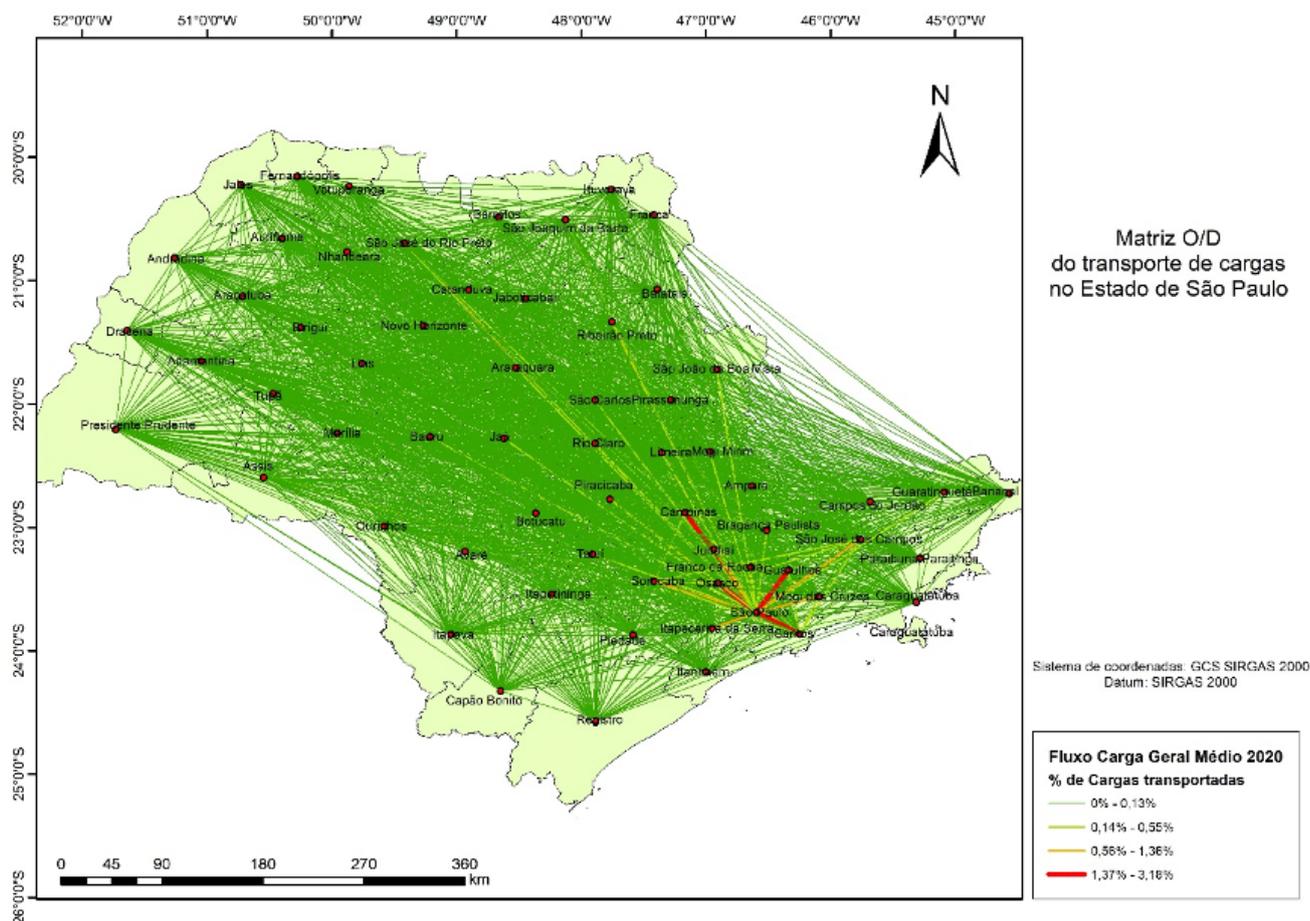


Figura 2 – Matriz O/D do transporte de carga geral no estado de São Paulo. Fonte: Adaptado de EPL (2021)

CONCLUSÕES:

Ao longo da pesquisa, foi possível constatar que o transporte de cargas nas cidades de São Paulo e Curitiba acarreta uma série de custos que vão além dos aspectos financeiros, afetando

diretamente a qualidade de vida das populações locais e a sustentabilidade urbana. No âmbito dos impactos ambientais, verificou-se que a emissão de poluentes atmosféricos oriundos principalmente do modal rodoviário contribui significativamente para a degradação da qualidade do ar, aumentando os níveis de poluição e impactando negativamente a saúde da população. Além disso, os congestionamentos e o alto consumo de combustíveis fósseis geram uma pegada de carbono considerável, contribuindo para a mudança climática e intensificando os desafios relacionados à sustentabilidade. Tal desgaste ambiental pode ser amenizado com um maior uso do modal ferroviário, aliado ao modal rodoviário que se faz tão presente na vida do brasileiro, considerando a não utilização de combustíveis fósseis e sim de eletricidade nas ferrovias.

Quanto aos impactos sociais, o transporte de cargas em São Paulo e Curitiba influencia diretamente a segurança viária, uma vez que acidentes envolvendo veículos de carga podem resultar em perdas humanas e danos materiais significativos. Adicionalmente, o aumento do tráfego e dos congestionamentos acarreta prejuízos econômicos e sociais, com perda de produtividade, aumento no tempo de transporte de mercadorias e comprometimento da mobilidade urbana.

Já no aspecto econômico, o transporte intermodal de cargas gera um relativo aumento nos custos de manutenção e reabilitação das infraestruturas urbanas afetadas, porém permite um maior alcance ao usuário num menor espaço de tempo, proporcionando relativa economia de recursos e de tempo. Os custos de saúde associados à poluição atmosférica e sonora impõem um ônus adicional ao sistema de saúde, demandando recursos para tratamento de doenças respiratórias e outros problemas de saúde relacionados à poluição, gerando mais gastos aos cofres públicos.

BIBLIOGRAFIA

- DABLANC, L. **Goods transport in large European cities: Difficult to organize, difficult to modernize**. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v. 41, n. 3, p. 280-285, 2007.
- EMPRESA DE PLANEJAMENTO E LOGÍSTICA (EPL). **Matrizes do transporte interregional de carga no Brasil**. Disponível em: <https://www.epl.gov.br/matrizes-do-transporte-inter-regional-decarga-no-brasil>. Acesso em: abr. 2021.
- JANIC, M. **An assessment of the performance of the European long intermodal freight trains (LIFTS)**. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v. 42, n. 10, p. 1326-1339, 2008.
- PÉREZ-MARTÍNEZ, P. J.; VASSALLO-MAGRO, J. M. **Changes in the external costs of freight surface transport in Spain**. *Research in Transportation Economics*, v. 42, n. 1, p. 61-76, 2013.
- TEOH, et al. **Decarbonization of urban freight transport using electric vehicles and opportunity charging**. *Sustainability*, v. 10, n. 9, p. 3258, 2018.
- YIN, R. K. **Case Study Research. Design and Methods**. 3rd ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 181 p., 2003a.
- YIN, R. K. **Applications of Case Study Research**. 2nd ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 173 p., 2003b.