

AVALIAÇÃO ECONÔMICA POR RECEITA TARIFÁRIA DAS EMPRESAS METROFERROVIÁRIAS BRASILEIRAS

ECONOMIC ASSESSMENT OF FARE REVENUE OF BRAZILIAN METRO-RAIL COMPANIES

MARIA CECILIA DA SILVA BRUM¹

Universidade do Vale do Rio dos Sinos

 <https://orcid.org/0000-0002-7222-7381>

mceciliabrum@hotmail.com

TIAGO WICKSTROM ALVES

Universidade do Vale do Rio dos Sinos

 <https://orcid.org/0000-0002-2813-1550>

tw@unisinobr

RESUMO

O transporte metroferroviário é fundamental para mobilidade urbana e há um reconhecimento da necessidade de subsídio para que ele possa operar de forma eficiente do ponto de vista social. Assim, esta pesquisa tem como objetivo analisar, por meio de funções de custos, a viabilidade econômica por receita tarifária de empresas de transporte metroferroviário. Metodologicamente, usou-se como referência oito empresas que representam 90% dos passageiros transportados no sistema metroferroviário brasileiro, para a captação dos custos por passageiros e estimação das funções de custos médios por Mínimos Quadrados Ordinários. Os resultados indicam possibilidade de ganhos com melhor ocupação da escala e nível de eficiência, porém, esses não viabilizam as operações com as tarifas praticadas pelas empresas públicas. Esses resultados lançam luz para a gestão das políticas públicas tarifárias, justificando essa pesquisa.

Palavras-chave: Economia de escala. Função de custos. Transporte metroferroviário.

Editado em português e inglês. Versão original em português.

¹ **Endereço para correspondência:** Av. Unisinos, 950 | Cristo Rei | 93022-750 | São Leopoldo/RS | Brasil.

Artigo apresentado no XXIX Congresso Brasileiro de Custos, realizado em João Pessoa/PB, de 16 a 18 de novembro de 2022.

Recebido em 12/04/2023. **Revisado em** 08/05/2023. **Aceito em** 26/06/2023 pelo Prof. Dr. Rogério João Lunkes (Editor-Chefe).

Publicado em 04/08/2023.

Copyright © 2023 RCCC. Todos os direitos reservados. É permitida a citação de parte de artigos sem autorização prévia, desde que identificada a fonte.

ABSTRACT

Metro-rail transport is fundamental for urban mobility, and there is a recognition of the need for a subsidy so it can operate efficiently from a social point of view. Thus, this research aims to analyze, through cost functions, the economic viability of fare revenue of metro-rail transport companies. Methodologically, eight companies representing 90% of the passengers transported in the Brazilian metro-rail system were used as references for the capture of costs per passenger and estimation of the mean cost functions per Ordinary Least Squares. The results indicate the possibility of gains with better occupation of the scale and level of efficiency. However, these do not enable operations with the fares practiced by public companies. These results shed light on the management of public fare policies, justifying this research.

Keywords: *Economy of scale. Cost function. Metro-rail transport.*

1 INTRODUÇÃO

O transporte público é fundamental para a mobilidade urbana, o que lhe confere significativa relevância em termos de infraestrutura das cidades e gera uma ampla gama de externalidades positivas para o meio urbano (Xu et al., 2018). Entre os diversos temas discutidos nessa área, estão os custos operacionais e os preços das tarifas. Esses temas tornam-se ainda mais acentuados no transporte metroferroviário, dado que esse, em sua ampla maioria, recebe subsídios para cobrir seus custos operacionais, levando a uma lixeira na escolha pública no que se refere a quem deveria arcar com os custos do transporte, agregando a essa questão o efeito do subsídio sobre a eficiência. Por exemplo, o metrô de Pequim, de propriedade estatal e que tem sua operação concedida a empresas semiprivadas, recebe subsídios que têm como base os custos do transporte, o nível de segurança e a qualidade das operações, senso que essa metodologia, segundo Bai et al. (2012), foi capaz de encorajar as operadoras a reduzirem seus custos mantendo os níveis de qualidade e segurança. Porém, o estudo de Obeng (2019) verificou que apenas 50% das empresas do sistema de transporte público nos Estados Unidos são eficientes em termos de custos e que a regulamentação de incentivos aumenta a ineficiência técnica e desvia os custos das empresas.

No Brasil, os sistemas municipais de ônibus, de uma forma geral, apresentam equilíbrio econômico, enquanto os metroferroviários dependem de subsídios (Vasconcellos et al., 2011). O financiamento das operadoras está fortemente alicerçado nas receitas tarifárias, que é significativamente diferente do modelo europeu, onde os subsídios cobrem uma ampla maioria dos custos.

No que se refere ao transporte metroferroviário brasileiro, ele é composto por 15 operadoras em quatro tipos de sistemas: Metrô, Trens Urbanos, Monotrilhos e VLTs (Associação Nacional de Transportes Públicos [ANTP], 2020). O sistema de transporte metroferroviário é classificado como de pequeno, médio e grande porte com base no número de passageiros transportados/ano (ANTP, 2020). Os sistemas de médio e grande porte são responsáveis por 98% dos passageiros transportados no sistema metroferroviário brasileiro, sendo cinco sistemas operados por empresas privadas e seis por empresas públicas (ANTP, 2020).

O transporte metroferroviário é determinante para as pessoas de baixa renda, devido ao fato que essas pessoas se veem necessitadas a morar afastadas dos centros urbanos em consequência dos valores dos imóveis (Rosa, 2006). Além disso, ao permitir transporte de longas distâncias urbanas e muitas vezes interurbanas, com uma tarifa relativamente baixa, com pouco tempo de deslocamento e com base em energia elétrica, gera externalidades positivas como redução da poluição, do congestionamento do trânsito e todos os elementos associados à queda deste congestionamento, como morosidade dos outros meios de transporte, redução de acidentes de trânsito, redução dos níveis de ruídos e estresse, entre outros. Assim, verifica-se que a sua relevância vai muito além do número de pessoas transportadas (Bittencourt & Brizon, 2011; Tischer, 2018).

Contudo, esse meio de transporte tem se caracterizado por ser deficitário, necessitando de subsídio para equilibrar as contas, o que compromete os orçamentos públicos, e isso afeta a população como um todo. Nesse contexto, os custos para manutenção das atividades operacionais do transporte público ganham relevância, pois impactam de forma significativa nos modelos de financiamento do transporte (Kiggundu, 2009). Também é preciso destacar que a definição do nível de subsídio ao financiamento do transporte público e, por consequência, a definição do preço da tarifa a ser cobrada do usuário, é uma escolha pública que impacta fortemente na sociedade. Níveis inadequados de subsídio podem tornar os sistemas de transporte ineficientes (Arcier, 2014), ao passo que a cobrança de tarifas elevadas pode limitar o acesso ao transporte, principalmente da população de baixa renda (Ševrović, Brčić & Kos, 2015).

Por fim, nos sistemas financiados pela receita tarifária, a tarifa de equilíbrio é aquela que a receita tarifária (usuários pagantes) é igual ao custo do sistema do transporte em um dado período, assim, quanto maiores os custos, maior deverá ser o valor custeado pelo usuário de forma direta. Já em um sistema de financiamento por meio de recursos públicos, quanto maiores os custos, maior será a necessidade de aporte de recursos públicos (Carvalho & Pereira, 2011).

Dessa forma, existe um conflito entre financiamento por tarifas e subsídio no que se refere a aspectos como inclusão social e desenvolvimento urbano. Logo, o objetivo deste estudo é analisar por meio de funções de custos, a viabilidade econômica por receita tarifária de empresas de transporte metroferroviário, tendo por base de aplicação do modelo oito empresas metroferroviárias brasileiras que representam 90% dos passageiros transportados no sistema metroferroviário do país.

Assim, esta pesquisa tem como objetivo analisar por meio de funções de custos, a viabilidade econômica por receita tarifária de empresas de transporte metroferroviário.

Com isso, se pôde avaliar comparativamente os valores das tarifas, custos e ganhos de escala para, então, estabelecer as relações possíveis para a viabilidade das empresas em termos de necessidades de subsídios e valores das tarifas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os conceitos de custos podem ser abordados de diferentes formas e por concepções teóricas distintas. Uma das distinções que é normalmente feita é a concepção de custos na economia e na contabilidade, referindo-se quase sempre que na contabilidade os custos têm como objetivo o registro dos fatos, necessitando dessa forma de um fato gerador e um valor correspondente, e os custos econômicos são associados aos custos de oportunidade. Entretanto, “no plano teórico, dado que existe mais de uma escola de pensamento tanto na Microeconomia quanto na Contabilidade Gerencial, a comparação entre ambas não seria única” (Panarella, 2010, p. 189).

Então, pode-se cobrir a análise de custos com diferentes abordagens, optando por aquela que esteja mais intimamente relacionada ao objetivo da pesquisa e, com isso, permitindo responder ao objetivo de forma mais robusta. Assim, este artigo se limitará a explicitar aquela que foi utilizada para a análise, que está restrita à teoria Microeconômica de Funções de Custos, conforme justificativa na seção de procedimentos metodológicos. Sobre a utilização da função de custos, cabe destacar que os critérios econômicos de custos foram empregados apenas para estimação da função, visto que a base de aplicação desta são os custos contábeis, sendo a função de custos fundamentada nos custos obtidos por meio das demonstrações financeiras. Dessa forma, esta seção está subdividida em duas subseções, uma abordando a teoria de função de custos e a outra que analisa estudos empíricos que empregaram essa metodologia para avaliar os custos.

2.1 Funções de custos

Do ponto de vista econômico, o “custo de um insumo é a remuneração que o insumo receberia em seu melhor emprego alternativo” (Nicholson & Snyder, 2018, p. 198), cuja concepção é denominada de custo de oportunidade dos fatores de produção. Assim, para que se possa produzir

algo, é necessário que se utilize os insumos necessários para essa produção e que, dados os custos de oportunidade dos insumos, ter-se-á os custos totais de um determinado nível de produto. Ao se estabelecer uma relação entre os níveis de produtos e os insumos mínimos para cada um destes níveis, obtém-se a função de custos (Eaton & Eaton, 1999).

Com base nessa descrição, então, tem-se que a função de custos é uma função implícita da função de produção, cujos rendimentos podem ser crescentes, decrescentes ou constantes, de forma que “existe uma boa relação entre o tipo de rendimento de escala apresentado pela função de produção e o comportamento da função de custo” (Varian, 2015, p. 392). Formalmente, então, o problema da minimização de custos passa a ser definido como (Mas-Colell et al., 1995, p. 139):

$$\begin{aligned} \min_{z \geq 0} w * z \\ \text{Sj: } f^*(z) \geq q \end{aligned} \quad (1)$$

onde w é um vetor de preços dos insumos, z é um não negativo vetor de insumos, $f(z)$ a função de produção, q a quantidade produzida. A solução do problema dado na equação (1) dá a função de custos definida como $c(w, q)$ e sua demanda condicional do fator definida como $z(w, q)$. Considerando apenas dois insumos, a função $z(w, q)$ representa a linha de custos definida no plano dos números reais em \mathcal{R}^2 , que é a reta que apresenta o mesmo custo para todas as combinações de insumos, cuja solução para “n” insumos é representada pelo conjunto $\{z \in \mathcal{R}_+^L: f(z) \geq q\}$, (sendo L o número de Lagrangeanos com $\ell = 1, \dots, L-1$) fechado em relação à origem. Sendo convexa em relação à origem, então, a condição de primeira ordem é necessária e suficiente para que:

$$w_\ell = \lambda \frac{\partial f(z^*)}{\partial z_\ell} \Rightarrow z_\ell^* > 0 \quad (2)$$

Sendo que λ representa o custo marginal da produção, ou seja, aquele custo a ser incorrido quando a produção variar em uma unidade. Contudo, no curto prazo, alguns insumos serão fixos (z_f), cujo vetor de preços é dado por w_f e outras variáveis (z_v) com preços definidos por w_v , de forma que o custo total (CT) de produção será dado por uma parcela fixa (CF) e outra variável (CV) com o volume de produção, ou seja (Pindyck & Rubinfeld, 2014):

$$CT = CF + CV \quad (3)$$

Ao se dividir os custos totais pela quantidade, obtém-se o custo médio (CMe), então, ao dividir ambos os lados da equação (3), pode-se verificar que o CMe é igual à soma dos custos fixos médios ($CFMe$) com o custo variável médio ($CVMe$):

$$CT/q = CF/q + CV/q \quad (4)$$

Entretanto, a demanda por insumos (z) é dependente da estrutura fixa, de forma que se pode estabelecer o vetor de preços como sendo $w = (w_f + w_v)$ e $z(w, q, z_f)$. Então, a geometria da curva de custo (CT) pode ser definida como (Varian, 1992):

$$c(w, q, z_f) = w_v z_v(w, q, z_f) + w_f x_f \quad (5)$$

E o custo médio, fixo médio e variável médio como:

$$CMe = \frac{c(w, q, z_f)}{q} = \frac{w_f z_f}{q} + \frac{w_v z_v(w, q, z_f)}{q} \quad (6)$$

Usualmente, essas funções derivam de funções de produção com rendimentos crescentes para pequenos volumes de produção ou de utilização de insumos variáveis proporcionalmente aos fixos e decrescentes a partir de determinado volume de produção, o que resulta em funções de custos de curto prazo que podem ser representadas por um polinômio de terceiro grau, ou seja:

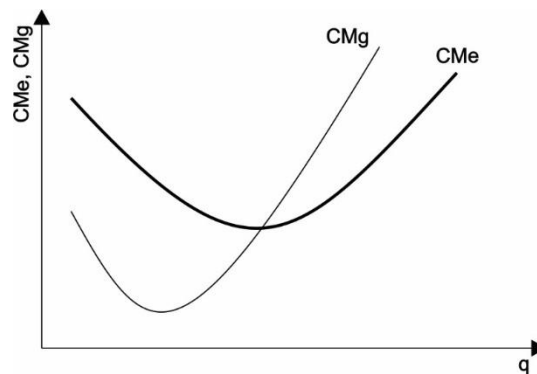
$$Ct = \beta_0 + \beta_1q + \beta_2q^2 + \beta_3q^3 \quad (7)$$

onde os β_i representam os parâmetros da função, tendo como representação dos custos fixos o β_0 e, para representar adequadamente uma função de custos, deverão atender às seguintes restrições: $\beta_0 > 0, \beta_1 > 0, \beta_2 < 0$ e $\beta_3 > 0$ (Besanko & Braeutigam, 2004).

Dado que o custo médio é a divisão do custo total pela quantidade produzida, então, esse é usualmente um polinômio de segundo grau, representando uma curva de custo médio em formato de “U” com a função de custo marginal (dada na equação (2)) passando em seu ponto de mínimo, conforme Figura 1.

Figura 1

Geometria da Curva de Custos



Fonte: Frank (2013)

Destaca-se que uma firma de larga escala poderá não obter retornos decrescentes em função da magnitude do mercado e isso resultar em uma função de custo médio em formato de “L” ou apresentar somente o segmento decrescente da função desenhada na Figura 1. Por fim, uma empresa só teria lucros se sua receita total unitária fosse maior que os custos médios da função de custos. Considerando os preços de venda (P) constantes para qualquer nível de produção (q), o lucro seria maximizado quando o preço fosse igual ao Custo Marginal, ou seja, $P = CMg$ e $P > CMe$.

2.2 Estudos empíricos

Os estudos empíricos analisados neste artigo foram selecionados a partir de busca no sítio do Portal de Periódicos Capes/MEC tendo como palavras-chave “economies of scale” e “cost function” e “transport”. Esses estudos revelam diferentes aplicações e abordagem da função de custos e de análise de economias de escala. Conforme referem Hörcher e Tirachini (2021), a estimativa de funções de custo tem uma longa história na economia de transporte, dado que a estimativa de custo é um elemento relevante para a avaliação de políticas. Além disso, os autores destacam que definir a função de custo e as medidas apropriadas de economias de escala não é uma tarefa simples para um operador de transporte, pois a seleção de uma medida de produção é ponto-chave ao se estimar uma função de custo.

No que se refere às economias de escala, verifica-se que há implicações relevantes para a avaliação econômica dos sistemas de transporte a partir dos ganhos de escala, destacando-se o

estudo do Anupriya et al. (2020), tendo como metodologia as funções de custo de curto prazo, para sistemas metroferroviários metropolitanos de diferentes locais do mundo, concluindo que os sistemas com alta densidade de uso são os mais econômicos e que os custos operacionais diminuem à medida que o tamanho do metrô aumenta. Ainda, os autores verificaram elevada disparidade nos custos operacionais dos sistemas metroferroviários. Na pesquisa de Anupriya et al. (2020), as variáveis utilizadas no modelo de regressão foram os custos operacionais totais, cujos principais componentes eram os custos de serviços, os custos de administração e os custos de manutenção.

Analisando as economias de escala no transporte aéreo, com base nos dados das maiores companhias aéreas americanas, os resultados apontam que, neste segmento, os ganhos de escala são modestos e, com base nesse resultado, a escala não impacta nos resultados advindos das tarifas (Johnston & Ozment, 2013). E, no transporte de passageiros por ônibus, para estimação da função de custo, Singh (2014) assume que as empresas minimizam o custo sujeito a uma função de produção, identificando que o progresso tecnológico é neutro e que há ganhos de escala significativos.

Entretanto, Matas e Raymond (1998), em um estudo realizado no transporte público da Espanha, mercado esse oligopolizado, inferiram que os retornos de escala são constantes, com deseconomias para as grandes empresas. Nesse contexto, os autores afirmam que a introdução da concorrência no mercado poderia levar a uma redução considerável dos custos operacionais.

Batarce e Galilea (2018) agregam na análise que o preço da tarifa se diferencia dos estudos mencionados anteriormente. Seus achados apontam para a existência de economias de escala e identificam que o subsídio para o transporte por ônibus em Santiago/Chile se justifica dado que a tarifa real é inferior à tarifa de equilíbrio.

Além dos estudos empíricos que objetivam identificar economias de escalas no contexto geral do sistema de transporte, identifica-se a utilização da função de custos para análise de economias de escalas relacionadas a custo de aglomeração nos veículos para diferentes modos de transporte (Qin, 2014), impacto de congestionamentos (Ying & Yang, 2005; Fernandez et al., 2005), concessões rodoviárias (Vergara-Novoa et al., 2020) e custo de renovação de rodovias (Link, 2006). Já os estudos de Basso e Jara-Diaz (2006), Cambini et al. (2007) e Ayadi e Hammani (2015), avaliam economias de escala relacionadas à expansão de redes de transporte.

Sob a ótica da eficiência, encontra-se estudos como o de Martini et al. (2020), que analisaram o sistema aeroportuário italiano e, dentre os achados, identificaram que companhias áreas de baixo custo reduzem ineficiências de curto e de longo prazo do sistema, além de evidências de economias de escala. Botasso et al. (2019), tendo como referência a indústria aeroportuária do Reino Unido, afirmam que economias de escala são importantes apenas para aeroportos de até cerca de 5 milhões de passageiros, uma vez que, aeroportos maiores tendem a operar com retornos de escala aproximadamente constantes.

Ainda sobre eficiência, Obeng e Sakano (2020) estudaram os efeitos das regulamentações, subsídios de insumos, suas interações e eficiência de custos no transporte nos Estados Unidos e mostram como a eficiência de custos de uma empresa se relaciona com a eficiência de custos da sociedade. Por fim, Liu (2021), usando a dualidade entre as funções de produção e custo, propôs uma nova abordagem para estimar a ineficiência de custos, aplicável a casos gerais. Como conclusão, o autor reporta que os resultados da solução proposta podem identificar a ineficiência de cada insumo e derivar estimativas robustas de economias de escala, que são importantes tanto para implicações políticas quanto para decisões gerenciais.

Ampliando a pesquisa realizada, identifica-se que há ganhos de escala em setores como Educação, Seguros, Telecomunicação e Saúde, sendo a estimação desses ganhos feita por meio de funções de custos, como nos estudos de Agasisti e Jhones (2016), Klotzki et al. (2018), Vendrúsculo e Alves (2009), Gomez et al. (2020) e Chattopadhyay (2021). Embora esses segmentos sejam distintos do que se aborda neste estudo, o procedimento para detecção de ganhos de ocupação da escala foi o mesmo, ou seja, via funções de custos. Conforme Vendrúsculo e Alves (2009), as curvas de custos evidenciam a variação do custo total em relação ao nível de produção,

e por meio da curva de custo total de curto prazo é possível identificar a combinação ótima de produção, ou seja, aquela que minimiza os custos. Além disso, os autores inferem que por meio da economia de escala é possível maximizar o lucro das empresas na medida que o nível de produção aumenta.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Nessa seção, descreve-se as empresas, seguido do modelo, terminando com a fonte e tratamento dos dados.

3.1 Empresas metroferroviárias brasileiras

Este estudo contemplou oito empresas metroferroviárias de médio e grande porte, identificadas na Tabela 1, que representam 90% dos passageiros transportados no sistema brasileiro, sendo cinco públicas e três privadas. A coleta de dados deu-se para os anos de 2014 a 2019, de modo a excluir possíveis distorções causadas pelos efeitos da pandemia.

Tabela 1

Empresas metroferroviárias brasileiras

Sigla	Empresa	Estado	Tipo
Metrô SP	Companhia do Metropolitano de São Paulo.	São Paulo	Pública
CPTM	Companhia Paulista de Trens Metropolitanos.	São Paulo	Pública
VIAQUATRO	Concessionária da Linha 4 do Metrô de São Paulo S.A.	São Paulo	Privada
Metrô RIO	Concessão Metroviária do Rio de Janeiro S.A.	Rio de Janeiro	Privada
SUPERVIA	Supervia Concessionária de Transporte Ferroviário S.A.	Rio de Janeiro	Privada
CBTU BH	Companhia Brasileira de Trens Urbanos.	Minas Gerais	Pública
TRENSURB	Empresa de Trens Urbanos de Porto Alegre S.A.	Rio Grande do Sul	Pública
Metrô DF	Companhia do Metropolitano do Distrito Federal.	Brasília	Pública

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2 Modelo de estimação

O modelo estimado fundamentou-se no apresentado na equação (7), porém estimado para os custos médios, seguindo os modelos já estabelecido nos estudos de Wilson (1981) e de Koshal e Koshal (1995). A estimação dos custos médios agrega duas contribuições em relação aos custos totais das empresas. A primeira se refere à constante, pois como os dados apresentam valores muito distantes da origem, haveria uma distorção muito ampla para considerar que ela representasse os custos fixos. A segunda, ao considerar os custos médios, há uma redução na discrepância dos valores. Assim, o modelo estimado foi:

$$CMe_t = \beta_0 + \beta_1 q_t + \beta_2 q_t^2 + \varepsilon_t \quad (8)$$

onde β_i são os parâmetros a serem estimados, q_t a quantidade de passageiros pagantes transportados, em milhões, no mês “t” e CMe_t o custo médio operacional mensal em reais, ε_t o erro que representa o efeito médio, para cada nível de passageiros transportados, de todas as variáveis que impactam no custo e que não estão no modelo.

O custo médio foi apurado com base na divisão do custo total pela quantidade de passageiros transportados, onde o custo total é o somatório dos custos dos serviços prestados e das despesas gerais e administrativas.

Quanto aos sinais esperados dos betas estimados, no que se refere à consistência teórica dos resultados é que $\beta_0 > 0$, $\beta_1 < 0$, $\beta_2 > 0$ e a robustez do modelo está associada apenas ao nível de significância dos betas, do coeficiente de determinação, dos sinais dos betas e do teste de estabilidade, especificado conforme Maddala (2003) como:

$$F = \frac{SQRR - SQRI/(k + 1)}{SQRI(n_1 + n_2 - 2k - 2)} \quad (9)$$

onde SQRR é soma dos quadrados da regressão com todos os dados da amostra, SQRI é a soma dos quadrados da regressão irrestrita (composto pela soma dos quadrados dos diversos agrupamentos da amostra), k o número de regressores e n_i o tamanho do conjunto da amostra (no caso da equação (9) com a constituição de dois subconjuntos a partir da amostra total).

O modelo dado na equação (8) foi estimado por Mínimos Quadrados Ordinários e considerando que este é o modelo teórico esperado e que não há colinearidade, dado que esse é um fenômeno de relações lineares e a variável ingressa em nível e ao quadro (Gujarati, 2006) e que a autocorrelação é elemento natural e esperado para este tipo de relação, sendo que com autocorrelação os estimadores por MQO ainda são lineares e não viesados, porém não são mais eficientes, pois não são os que possuem variância mínima (Pindyck & Rubinfeld, 2004). Entretanto, essa propriedade não é requerida para a análise realizada porque não se está fazendo testes de hipóteses nem previsão de valores.

A Fronteira de Eficiência, ou seja, aquela de pontos de minimização de custos foi estimada por Mínimos Quadrados Ordinários a partir da fronteira formada pelos erros de mínimo valor da estimação da equação (8).

3.3 Período, fonte e tratamento de dados

Os dados se referem ao número de passageiros transportados pelas empresas da amostra, definida como q no modelo (8) e aos custos operacionais das mesmas, no período de 2014 a 2019. Os custos operacionais foram apurados por meio da soma dos custos dos serviços prestados e das despesas gerais e administrativas constantes nas demonstrações financeiras publicadas nos sites eletrônicos das empresas da amostra. Para os anos em que não havia informação disponível, estas foram obtidas junto às empresas por meio dos canais de atendimento externo.

No que se refere aos custos, os valores monetários correntes foram inflacionados pelo Índice Geral de Preços - disponibilidade interna (IGP-DI) da fundação Getúlio Vargas, disponível em www.portalbrasil.net, compondo a estimação dessa forma em valores constantes.

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Essa seção está subdividida em duas subseções. A primeira apresenta resumidamente dados dos custos das empresas metroferroviárias brasileiras da amostra e a segunda contém os resultados da regressão.

4.1 Custos do setor metroferroviário

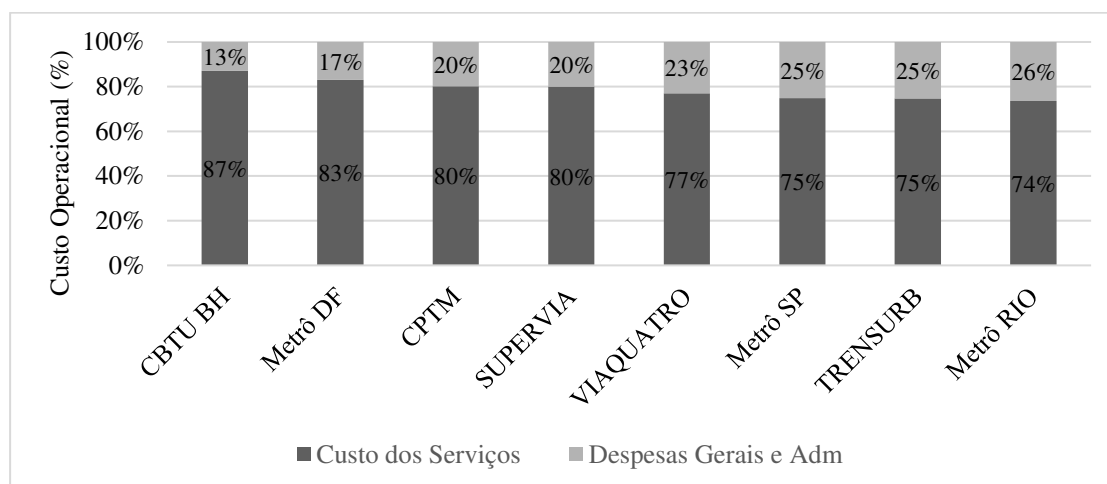
No sistema metroferroviário os processos podem ser classificados em serviços de transporte e de apoio. Os serviços de transporte dividem-se em primários e secundários. Os primários constituem o sistema operacional; estão relacionados diretamente com o usuário do transporte e são compostos por operações em bilheteria, segurança operacional, operação dos trens e o controle de tráfego. Os serviços de transporte secundários envolvem recursos humanos,

equipamentos e instalações para manutenção do sistema operacional. Já os serviços de apoio representam gastos com a administração geral e envolvem planejamento, administração financeira, suprimentos, recursos humanos, tecnologia da informação, dentre outros (Pezerico, 2002). Os serviços de transporte primários e secundários constituem o custo dos serviços prestados, enquanto os serviços de apoio estão representados pelas despesas gerais e administrativas e esses, conjuntamente, constituem o custo operacional da empresa.

Pode-se verificar na Figura 2 a composição dos custos dos serviços prestados e das despesas gerais e administrativas na formação do custo operacional total das empresas metroferroviárias da amostra.

Figura 2

Representatividade média dos custos dos serviços prestados e das despesas gerais e administrativas incorridos de 2014-2019



Fonte: Elaborado pelos autores.

Conforme Figura 2, os níveis de custo dos serviços prestados em relação ao custo operacional variam de 74% (Metrô Rio) a 87% (CBTU BH), sendo que os custos de pessoal, serviços de terceiros e energia elétrica, na média, representam 76% do custo dos serviços prestados. O custo com pessoal é o mais representativo nos sistemas, seguido dos custos com serviços de terceiros. Esses dois se relacionam na medida em que o nível de terceirização dos serviços substitui a utilização de mão de obra própria. Nesse contexto, destaca-se o Metrô SP, em que o predomínio de utilização de mão de obra própria nos serviços de manutenção reflete o menor custo com serviços de terceiros. A energia elétrica, principal insumo para a operação do sistema de transporte metroferroviário, varia sua representatividade de 6% a 18%, e é impactada diretamente pela forma de aquisição desta energia pelas empresas do transporte metroferroviário. Além da forma de aquisição, outros fatores, como as diferentes tarifas de energia elétrica por região e a tecnologia dos trens em operação, afetam o custo das operadoras do transporte.

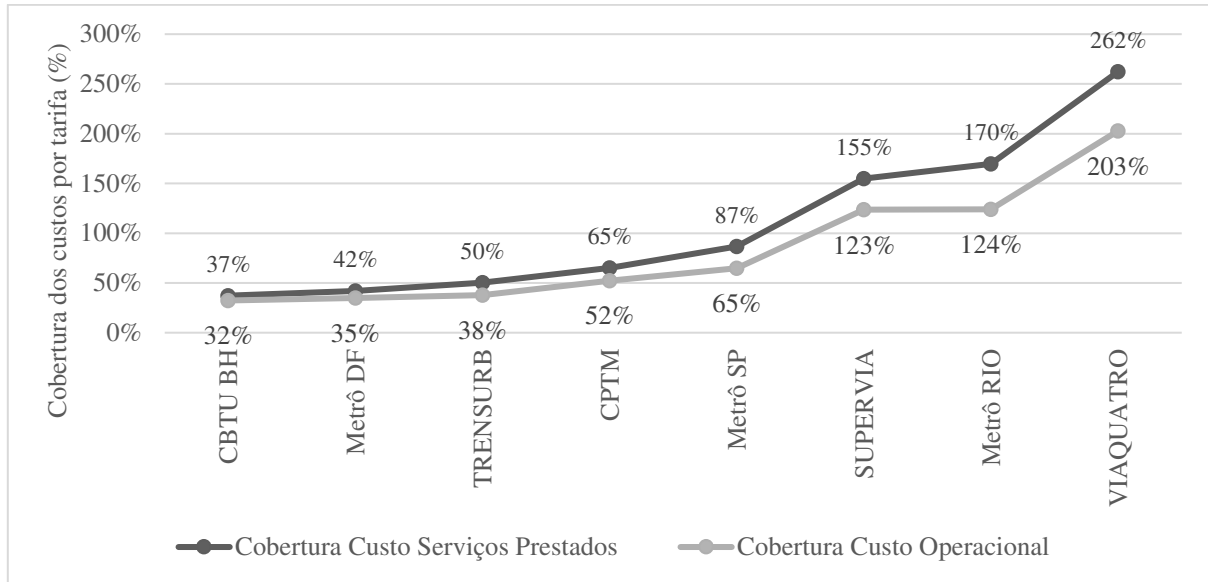
Quanto ao custo dos serviços prestados, é importante destacar a situação particular das empresas públicas dependentes de recursos governamentais, em que a necessidade de recursos pode afetar, por exemplo, o nível de contratação de serviços, havendo com isso um menor custo dada a indisponibilidade de orçamento para contratação, não sendo, portanto, o menor custo um reflexo de eficiência.

Na Figura 3 mostra-se o nível de cobertura do custo dos serviços e do custo operacional por receita tarifária, que varia de 32% a 203% para o custo operacional e de 37% a 262% para o custo dos serviços prestados. Os maiores níveis de cobertura dos custos por receita tarifária são obtidos nas empresas que operam por meio de concessão privada, seguidas das duas empresas públicas que concentram o maior nível de passageiros transportados, CPTM e Metrô SP. Sobre a

tarifa, cabe referir que a determinação desta no sistema de transporte é reflexo da política pública adotada e tal política define o nível de financiamento dos custos pelo usuário do transporte e o nível de financiamento por recursos do governo, ou seja, determina o modelo de financiamento para custeio do transporte.

Figura 3

Nível de cobertura dos custos por receita tarifária

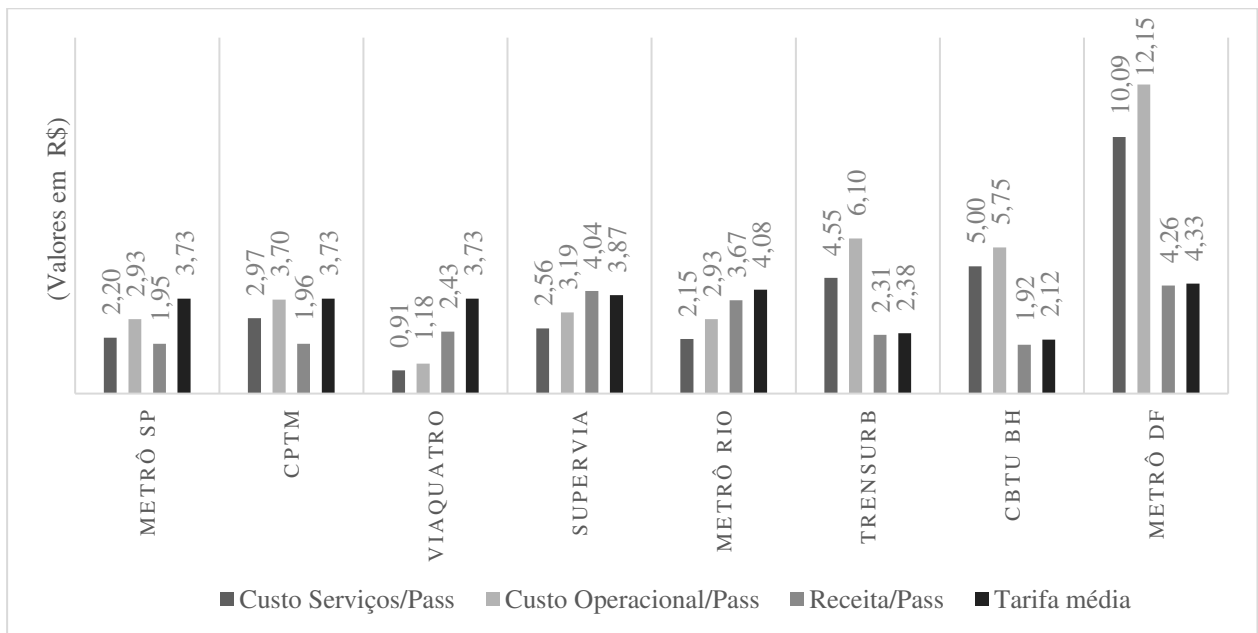


Fonte: Elaborado pelos autores.

Na Figura 4 estão apresentadas as médias das tarifas praticadas pelas empresas metroferroviárias em comparação com a média dos custos e receitas por passageiro de 2014 a 2019.

Figura 4

Custos, receitas e tarifas médias de 2014 - 2019



Fonte: Elaborado pelos autores.

Pode-se verificar que há diferenças relevantes entre a receita por passageiros e a tarifa unitária praticada. Um dos fatores que contribui para essas diferenças são as políticas de integração entre os modais de transporte, que geram redução da tarifa unitária integral, dado o benefício de integração ao usuário pagante, além de passageiros beneficiados por políticas públicas de gratuidades e subsídios.

4.2 Análise das funções de custos e da viabilidade tarifária do transporte metroferroviário brasileiro

Os resultados da estimação do modelo proposto na equação (8) geraram os seguintes resultados (entre parênteses, abaixo do estimador, está o seu respectivo desvio-padrão):

$$CMe_t = 2E-0,5x^2 - 0,02x + 8,5 \quad (10)$$

(4,57E-05) (0,005150) (0,734762)

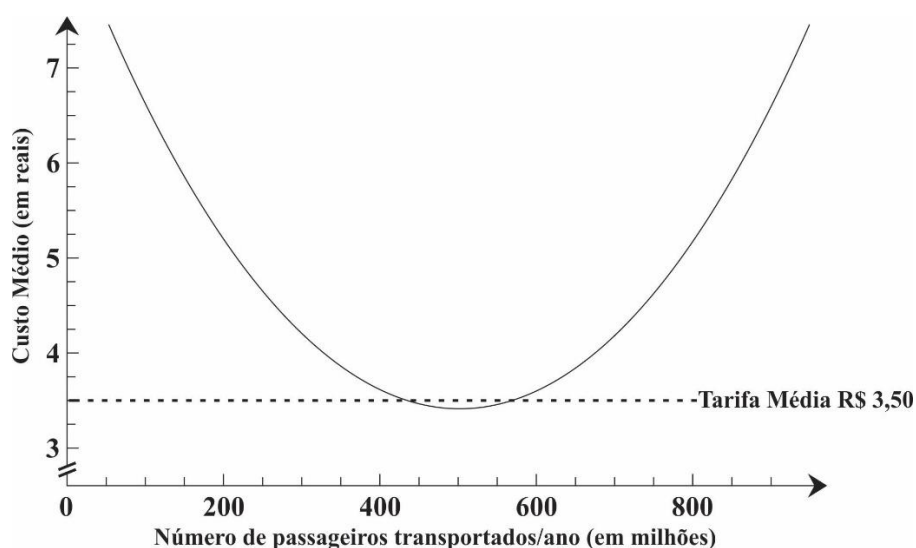
A regressão apresentou o coeficiente de determinação ajustado de 0,432, valor esse de baixo poder de explicação do modelo, influenciado em grande medida pela elevada dispersão dos custos médios. Esse fato pode ser explicado pela dispersão das estruturas em termos de malha metroferroviária de operação das empresas, o que gera valores significativamente distintos no número de passageiros transportados. Contudo, os sinais dos parâmetros estimados atendem ao esperado teoricamente e são significantes a 1%. Já o teste de Durbin-Watson indicou autocorrelação positiva (DW= 0,038), apontando que a existência de custos elevados em um determinado período resultará em custos elevados no período seguinte.

Dada a significância dos resultados, passa-se a interpretar os valores obtidos. Para sintetização e melhor visualização dos resultados, construiu-se a

Figura 5, que permite visualizar o formato da curva de custo médio, e a utilização da capacidade instalada em termos de custos.

Figura 5

Função de custo médio



Fonte: Elaborado pelos autores.

Em uma análise geral da Figura 5, verifica-se que inicialmente há economia de escala, ou seja, na medida em que aumenta o número de passageiros, ocorre uma redução do custo médio, portanto, há ganho de escala, estando as empresas abaixo da escala ótima. Essa situação é

verificada até o montante de 500 milhões de passageiros; a partir desse ponto, o aumento do número de passageiros reflete um aumento do custo médio.

Entretanto, deve-se analisar com cuidado esses resultados, pois há uma dicotomia nos dados, ou seja, há um conjunto de empresas com pequeno número de passageiros transportados, e outro com elevado número de passageiros. Esse elemento detecta uma fragilidade para estabelecimento da função de regressão para valores intermediários, de forma que não se deve interpretar os valores centrais como sendo confiáveis, e sim compreender que há um ganho forte de economia de escala para ampliação do número de passageiros transportados inicialmente e, após um determinado volume, há um incremento sem formato definido. Dessa forma, não se pode estabelecer qual o valor do ponto de mínimo e em que magnitude de passageiros isso ocorreria.

As empresas que estão localizadas à direita da Figura 5, ou seja, as que possuem acima de 500 milhões de passageiros transportados ao ano, são as empresas CPTM e Metrô SP, ambas empresas públicas, que concentram o maior volume de passageiros transportados do sistema metroferroviário brasileiro. Estas empresas operam acima do seu ponto ótimo e uma redução da escala geraria uma redução dos seus custos médios. As demais empresas metroferroviárias encontram-se à esquerda do gráfico, ou seja, no intervalo inferior a 500 milhões de passageiros transportados/ano, e operam abaixo da sua capacidade produtiva.

Pelo exposto até aqui, é possível afirmar que as empresas metroferroviárias brasileiras não se beneficiam de ganhos de escala, podendo ser inferido, ainda, que isso reflete de forma direta no custo dos serviços de transporte. Lançando luz sobre a questão tarifária, cabe ressaltar que a tarifa média unitária praticada, no período de 2014 a 2019, foi de R\$ 3,50 e o custo médio por passageiro foi de R\$ 3,38. No entanto, considerando o efeito das políticas públicas de subsídios que isentam ou reduzem tarifas de transporte, bem como as políticas de integração com outros modais do transporte que reduzem o valor da tarifa unitária, a receita tarifária média por passageiro foi de R\$ 2,31, refletindo, nesses dados, a dependência de recursos do governo para subsídio de custeio das operações desse modal de transporte. Assim, pode-se afirmar que mesmo otimizando os custos, isso é, operando em seu ponto ótimo, há um déficit de receita tarifária no sistema metroferroviário brasileiro, ou seja, na média há uma perda por passageiro devido à não utilização plena da capacidade instalada.

5 CONCLUSÕES

A aplicação do modelo permitiu verificar que as tarifas médias praticadas pelas empresas públicas não são capazes de gerar sustentabilidade tarifária, apresentando déficit elevado do ponto de vista de receita tarifária, o que gera necessidade de subsídios para manter suas operações e a realização de investimentos.

Entretanto, também foi possível verificar que há ganhos significativos de ocupação, ou de utilização da escala atual, o que reduziria a dependência de subsídios e esses poderiam ser menores ainda se as empresas conseguissem operar permanentemente em suas fronteiras de eficiência. Neste caso, operando em seu ponto ótimo de custos, as empresas estariam marginalmente em equilíbrio e uma alteração das tarifas poderia torná-las superavitárias em termos tarifários e de custos dos serviços. Entretanto, essa possibilidade esbarra em duas dificuldades: a primeira se refere à demanda - deveria haver uma recomposição da renda das famílias para compensar o aumento da tarifa e, com isso, aumentar a demanda de viagens de trem nas regiões onde operam. A segunda é que, dada a dispersão, seria difícil considerar que a empresa conseguisse operar em seu ponto de máxima eficiência permanentemente. Contudo, esse resultado indica movimentos possíveis para as empresas, que melhorariam significativamente sua dependência de subsídios.

Como futuros estudos, sugere-se a ampliação desta pesquisa através de estudos qualitativos, por meio de estudos de caso, dada a relevância e impacto da relação entre custo operacional e receita tarifária para as empresas metroferroviárias.

REFERÊNCIAS

- Agasisti, T., & Johnes, G. (2016). Efficiency, costs, rankings, and heterogeneity: the case of US higher education. *International Review of Applied Economics*, 30, 48-68.
- Anupriya, G. D. J., Carbo, J.M., Anderson, R. J., & Bassal, P. (2020). Understanding the costs of urban rail transport operations. *Transportation Research. Part B: methodological*, 138, 292-316.
- Arcier, B. F. (2014). Measuring the performance of urban public transport in relation to public policy objectives. *Research in Transportation Economics*, 48, 67-76.
- Associação Nacional de Transportes Públicos. (2020). Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da Associação Nacional de Transportes Públicos – Simob/ANTP. São Paulo.
- Ayadi, A., & Hammami, S. (2015). Analysis of the technological features of regional public transport companies: the Tunisian case. *Public Transport*, 3, 429-455.
- Bai, Y., Ho, T., Mao, B. (2012). An Incentive Scheme for Equipment Replacement Subsidy in Beijing Metro System. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 43, 718-727.
- Basso, L., & Jara-Díaz, S. (2006). Distinguishing multiproduct economies of scale from economies of density on a fixed-size transport network. *Networks and Spatial Economics*, 6(2), 149-162.
- Batarce, M., & Galilea, P. (2018). Cost and fare estimation for the bus transit system of Santiago. *Transport Policy*, 64, 92-101.
- Besanko, D., & Braeutigam, R.R. (2004). *Microeconomia uma abordagem completa*. LTC.
- Bittencourt, F. S., Brizon, & L. C. (2011, outubro). Transporte metroferroviário: criação de um ambiente favorável ao desenvolvimento urbano sustentável. *Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito*, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 18.
- Bottasso, A., Conti, M., & Vannoni, D. (2019). Scale and (quasi) scope economies in airport technology. An application to UK airports. *Transportation research part A: Policy and practice*, 125, 150-164.
- Cambini, C., Piacenza, M., & Vannoni, D. (2007). Restructuring public transit systems: evidence on cost properties from medium and large-sized companies. *Review of Industrial Organization*, 31(3), 183-203.
- Carvalho, C. H. R., & Pereira, R. H. M. (2011). Efeitos da variação da tarifa e da renda da população sobre a demanda de transporte público coletivo urbano no Brasil. http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1282/1/TD_1595.pdf
- Chattopadhyay, S. (2021). Cost-efficiency in the patient centered medical home model: New evidence from federally qualified health centers. *International Journal of Health Economics and Management*, 21(3), 295-316.
- Eaton, B. C., & Eaton, D. F. (1999). *Microeconomia*. Saraiva.

- Fei, S. (2016). Parking versus public transport subsidies: case study of Nanjing, China. *Transportation Letters*, 8(2), 90-97.
- Fernandez, J. E., Cea, J., & Grange, L. (2005). Production costs, congestion, scope and scale economies in urban bus transportation corridors. *Transportation Research Part A*, 39(5), 383-403.
- Frank, R. H. (2013). *Microeconomia do comportamento*. (8a ed.). AMGH.
- Gomez, G. B., Mudzengi, D. L., Bozzani, F., Menzies, N. A., & Vassall, A. (2020). Estimating cost functions for resource allocation using transmission models: a case study of tuberculosis case finding in South Africa. *Value in Health*, 23(12), 1606-1612.
- Gujarati, D. N. (2006). *Econometria Básica*. (4a ed.). Campus.
- Hörcher, D., & Tirachini, A. (2021). A review of public transport economics. *Economics of transportation*, 25, 100196.
- Johnston, A., & Ozment, J. (2013). Economies of scale in the US airline industry. *Transportation Research Part E*, 51, 95-108.
- Kiggundu, A. T. (2009). Financing public transport systems in Kuala Lumpur, Malaysia: challenges and prospects. *Transportation*, 36, 275-294.
- Klotzki, U., Bohnert, A., Gatzert, N., & Vogelgesang, U. (2018). Economies of scale in European life insurance. *The Journal of Risk Finance*, 19(2), 190-207.
- Koshal, R. K., & Koshal, M. (1995). Quality and economies of scale in higher education. *Applied Economics*, 27(8), 773-778.
- Link, H. (2006). An econometric analysis of motorway renewal costs in Germany. *Transportation research. Part A, Policy and practice*, 40(1), 19-34.
- Liu, T. (2021). Measuring cost inefficiency: A dual approach. *Economic Modelling*, 99, 105471.
- Maddala, G. (2003). *Introdução à Econometria*. LTC.
- Martini, G., Scotti, D., Viola, D., & Vittadini, G. (2020). Persistent and temporary inefficiency in airport cost function: An application to Italy. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 132, 999-1019.
- Mas-Colell, A., Whinston, M. D., & Green, J. R. (1995). *Microeconomic theory*. Oxford University Press.
- Matas, A., & Raymond, J. (1998). Technical characteristics and efficiency of urban bus companies: The case of Spain. *Transportation*, 25(3), 243-264.
- Nicholson, W., & Snyder, C. (2018). *Teoria Microeconômica: princípios e aplicações*. (12a ed.). Cengage.

- Obeng, K. (2019). Public transit cost efficiency studies: The impact of non-contracting regulations. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 126, 247-258.
- Obeng, K., & Sakano, R. (2020). Effects of government regulations and input subsidies on cost efficiency: A decomposition approach. *Transport Policy*, 91, 95-107.
- Panarella, P. J. M. (2010). *Gestão e mensuração de custos: semelhanças e divergências entre a microeconomia e a contabilidade gerencial*. [Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo – USP].
- Pezerico, L. A. M. (2002). *Sistema de Avaliação de Desempenho no Transporte Urbano: Uma abordagem para o setor metroferroviário*. [Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS].
- Pindyck, R. S., & Rubinfeld, D. L. (2004). *Econometria: modelos e previsões*. Campus.
- Pindyck, R. S., & Rubinfeld, D. L. (2014). *Microeconomia*. (8a ed.). Makron Books.
- Qin, F. (2014). Investigating the in-vehicle crowding cost functions for public transit modes. *Hindawi Publishing Corporation Mathematical Problems in Engineering*, Article.
- Rosa, S. J. (2006). *Transporte e exclusão social: a mobilidade da população de baixa renda da Região Metropolitana de São Paulo e trem metropolitano*. [Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo – USP].
- Ševrović, M., Brčić, D., & Kos, G. (2015). Transportation costs and subsidy distribution model for urban and suburban public passenger transport. *Traffic & Transportation*, 27, 23-33.
- Singh, S. K. (2014). An inquiry into the cost structure of state transport undertakings in India. *Transport Policy*, 32(8).
- Tischer, V. (2018). Panorama do transporte ferroviário urbano no Brasil e no mundo. *Revista Internacional de Ciências*, 8, 62-81, 2018.
- Varian, H. R. (1992). *Microeconomic Analysis*. (3a ed.). Norton & Company.
- Varian, H. R. (2015). *Microeconomia: uma abordagem moderna*. (9a ed.). Campus.
- Vasconcellos, E. A., Carvalho, C. H. R., & Pereira, R. H. M. (2011). *Transporte e mobilidade urbana. Texto para Discussão Cepal Ipea 34: Transporte e mobilidade urbana*. <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/1373>
- Vendruscolo, M. I., & Alves, T. W. (2009). Estudo da economia de escala do setor de telecomunicações móveis do Brasil pós-privatizações. *Revista Contabilidade & Finanças*, 20(49), 63-78.
- Vergara-Novoa, C., Sepúlveda-Rojas, J. P., Alfaro, M. D., Soto, P., & Benitez-Fuentes, P. A. (2020). Analysis of revenues, costs and average costs of highway concessions in Chile. *Transport Policy*, 95, 114-123.

- Xu, P., Wang, W., & Wei, C. (2018). Economic and Environmental Effects of Public Transport Subsidy Policies: a Spatial CGE Model of Beijing. *Hindawi Mathematical Problems in Engineering*.
- Wilson, J. H. (1981). A note on scale economies in the savings and loan industry. *Business Economics*, 45-49.
- Ying, J. Q., & Yang, H. (2005). Sensitivity analysis of stochastic user equilibrium flows in a bi-modal network with application to optimal pricing. *Transportation research. Part B: methodological*, 39(9), 769-795.