



ARTIGO TÉCNICO Nº 16

SÉRIE

VOLUME I
DA INVIABILIDADE FINANCEIRA À
LEGITIMIDADE SOCIAL DO TRANSPORTE
FERROVIÁRIO DE PASSAGEIROS: ANÁLISE
CUSTO-BENEFÍCIO COMO PARÂMETRO DE
AVALIAÇÃO

Setembro/ 2025

 [infrasaoficial](#)
 [infra.oficial](#)
 [infra-oficial](#)
 [infrasa.oficial](#)

 observatório@infrasa.gov.br
 institucional@infrasa.gov.br
 www.ontl.infrasa.gov.br
 www.infrasa.gov.br

ONTL
Observatório Nacional de Transporte e Logística

INFRA S.A.

**PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA**

Luiz Inácio Lula da Silva

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES

José Renan Vasconcelos Calheiros Filho

INFRA S.A.**DIRETOR-PRESIDENTE**

Jorge Luiz Macedo Bastos

DIRETORA DE ADMINISTRAÇÃO E FINANÇAS

Elisabeth Alves da Silva Braga

DIRETOR DE EMPREENDIMENTOS

André Luis Ludolfo da Silva

DIRETOR DE PLANEJAMENTO

Cristiano Della Giustina

DIRETOR DE MERCADO E INOVAÇÃO

Marcelo Vinaud Prado

SUPERINTENDENTE DE INTELIGÊNCIA DE MERCADO

Lilian de Alencar Pinto Campos

GERENTE DE INOVAÇÃO

Sirléa de Fátima Ferreira Leal Moura

EQUIPE GERÊNCIA DE INOVAÇÃO

Nícolas Guimarães Ohofugi

Venina de Souza Oliveira

Gabriela Camilotti Saint Martin

COLABORADORES

Adriana Vanessa Mendes Moreira- Diagramação

Luana Praxedes Moura – Estagiária

AUTORES

Raphael Vieira dos Santos

Breno Simonini Teixeira

Observatório Nacional de Transporte e Logística – ONTL**Infra S.A.**

Endereço: SAUS, Quadra 01, Bloco G, Lotes 3 e 5, Asa Sul, Brasília - DF - 70.070-010

E-mail: ontl@infrasa.gov.br / institucional@infrasa.gov.br

Site: www.infrasa.gov.br / www.ontl.infrasa.gov.br



RESUMO

O artigo discute a viabilidade do transporte ferroviário de passageiros no Brasil a partir da Análise Custo-Benefício (ACB), estruturada em torno de três blocos centrais de benefícios: tempo de viagem, segurança viária e redução de emissões. Com base em literatura internacional e nos normativos nacionais (Guia ACB e Manual da INFRA S/A), apresenta-se a lógica metodológica que diferencia a avaliação socioeconômica da financeira, estruturada em cenários base, alternativo e comparativo. A valoração de ganhos é ilustrada pela aplicação de métricas como o valor do tempo de viagem (VTTS), o valor estatístico da vida (VSL) e os preços da tonelada de carbono emitida, compondo um fluxo de caixa social para cálculo do Valor Social Presente Líquido (VSPL), da Taxa de Retorno Econômico (TRE) e da Relação Custo-Benefício Social (RCB_s). A análise revela que, embora projetos ferroviários apresentem baixa atratividade privada devido aos elevados CAPEX e OPEX, os benefícios sociais podem superar amplamente os custos ajustados, legitimando o aporte de recursos públicos. Ao mesmo tempo, reconhece-se a necessidade de consolidação de parâmetros nacionais para precificação de externalidades e de instrumentos como o *Value for Money* (VfM) e o *Five Case Model*, que incluem dimensões de governança, arranjos institucionais e eficiência de entrega. Conclui-se que a ferrovia de passageiros deve ser compreendida não como um resquício nostálgico, mas como política pública estruturante, capaz de alinhar mobilidade, segurança e sustentabilidade, reposicionando-se como aposta estratégica para o desenvolvimento nacional.



Palavras-chave: Análise Custo-Benefício; Transporte Ferroviário de Passageiros; Valor do Tempo; Segurança Viária; Emissões de Carbono.



O DESAFIO DA VIABILIDADE FERROVIÁRIA DE PASSAGEIROS NO BRASIL

O ressurgimento do debate em torno dos trens regionais e metropolitanos no Brasil é sintomático de um país que busca alinhar mobilidade, sustentabilidade e desenvolvimento econômico. De Brasília a municípios goianos da RIDE-DF¹, de Rio Grande a Pelotas, de Salvador a Feira de Santana, multiplicam-se estudos e intenções políticas voltados à reintrodução do transporte ferroviário de passageiros em corredores de média distância. Esse movimento não se explica por nostalgia ferroviária, mas por um contexto em que a ferrovia se reposiciona como alternativa estratégica diante da saturação das rodovias e dos impactos ambientais do transporte individual motorizado (Anagnostopoulos, 2024).

Apesar do entusiasmo político e social, a viabilidade desses projetos esbarra em um dilema estrutural: o CAPEX elevado na implantação e o OPEX igualmente elevado da operação, contrastando com a elasticidade tarifária limitada da demanda potencial. Estudos nacionais e internacionais indicam que, sem mitigação de risco ou garantias de receitas, a ferrovia de passageiros tende a ser pouco atrativa ao setor privado (Odolinski & Boysen, 2019; Suyunchev & Mozgovaya, 2016). Esse descompasso entre custos e geração de receitas acirra o debate entre eficiência econômica e interesse público, reforçando a necessidade de instrumentos capazes de revelar o valor social agregado.

É nesse ponto que a Análise Custo-Benefício (ACB) assume protagonismo. Mais do que uma ferramenta de análise financeira, a ACB confronta custos e benefícios sociais de forma sistemática, respondendo se os ganhos coletivos justificam aportes públicos em sistemas de baixa atratividade privada. Guias nacionais e internacionais recomendam que a avaliação seja feita a preços-sociais, refletindo o valor econômico real dos recursos para a sociedade e não apenas os preços de mercado (BRASIL, 2022b; EC, 2014; FHWA, 2025; INFRA S/A, 2022). Assim, a ACB deixa de ser apenas técnica e passa a operar como instrumento político de legitimação de investimentos.

O objetivo central desta abordagem é discutir como tempo de viagem, segurança viária e emissões de gases de efeito estufa (GEE) podem ser mensurados e ponderados para tornar clara sua contribuição relativa à viabilidade da ferrovia de passageiros. A escolha não é arbitrária: trata-se de externalidades típicas do transporte rodoviário, usadas aqui como parâmetro comparativo. O tempo de viagem, por exemplo, constitui custo social crítico do rodoviário devido à lentidão e à baixa confiabilidade em corredores saturados, frequentemente associados a congestionamentos e ineficiências (Moreira et al., 2019).

A segurança viária emerge como benefício potencial da ferrovia frente às elevadas taxas de acidentes e fatalidades nas rodovias nacionais, cujos custos sociais no Brasil alcançam dezenas de bilhões de reais anuais (Henrique & De Carvalho, 2020). Já o benefício ambiental traduz-se na redução de emissões de carbono e poluentes locais, dado que o transporte individual motorizado é altamente intensivo em nessas externalidades negativas (Campoli & Feijó, 2022). Centrar a ACB nesses três blocos significa capturar as vantagens comparativas mais tangíveis da ferrovia em relação ao rodoviário, legitimando a escolha metodológica.

¹ Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno.



ABORDAGENS INTERNACIONAIS PARA GANHOS SOCIOECONÔMICOS DA INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE FERROVIÁRIO DE PASSAGEIROS

A literatura internacional tem enfatizado que o valor do tempo de viagem economizado (*Value of Travel Time Saving* – VTTS) é um dos pilares da Análise Custo-Benefício (ACB) em transportes. Estudos empíricos mostram que esse benefício não se limita à duração absoluta da viagem, mas deve incorporar confiabilidade e percepção de congestionamento (Ju et al., 2024; W. Zhu et al., 2025).

Trabalhos de meta-análise destacam a elasticidade-renda do VTTS, indicando que o valor atribuído ao tempo cresce com o nível de renda e varia conforme propósito da viagem e modo de transporte (Binsuwadan et al., 2023). Esses resultados dialogam com recomendações normativas da Comissão Europeia e do *Federal Highway Administration* (EC, 2014; FHWA, 2025), que consolidaram metodologias padronizadas para monetização do tempo e sublinharam a importância da confiabilidade como atributo de qualidade.

No campo da segurança, predomina a utilização do Valor Estatístico da Vida (*Value of Statistical Life* – VSL) como métrica internacionalmente aceita para precificação dos benefícios da redução de acidentes (Chhotu & Suman, 2024; Puteri & Khamim Asy'ari, 2025). Estudos recentes ainda incorporam metodologias inovadoras, como o uso de inteligência artificial para estimar probabilidades de falhas críticas e custos associados a acidentes ferroviários (Amin et al., 2025; Lee, 2025). Esses avanços se alinham às diretrizes internacionais da Comissão Europeia e do FHWA, que recomendam a internalização dos ganhos de segurança como núcleo duro da ACB.

Quanto ao meio ambiente, a literatura revela amadurecimento nas metodologias de precificação de emissões, sobretudo de CO₂. Pesquisas na Europa e na Ásia indicam que a expansão da ferrovia de alta velocidade reduz significativamente as emissões, sobretudo em rotas curtas e médias substituíveis por transporte aéreo (Avogadro et al., 2021; J. Zhu & Guo, 2025). Revisões recentes reforçam também a necessidade de incorporar análises de ciclo de vida (*Life Cycle Assessment* – LCA) e considerar realocação modal para captar a totalidade dos impactos (Jiang et al., 2021). Nesse sentido, organismos como o *European Investment Bank* (EIB) e a Comissão Europeia consolidaram parâmetros para precificação da emissão de poluentes, servindo de referência para estudos nacionais (EC, 2014; EIB, 2020).

Tempo, segurança e ambiente, portanto, consolidam-se como aspectos centrais e monetizáveis da ACB, formando a espinha dorsal dos benefícios sociais em projetos ferroviários de passageiros. Evidências recentes reforçam esse papel: no Brasil, Santos & Araujo (2025) mostram que a ferrovia é instrumento de mitigação de emissões de GEE quando substitui modos mais poluentes, enquanto Četković et al. (2020) evidenciam benefícios ambientais relevantes de investimentos em ferrovias europeias. Além disso, os blocos são interdependentes: ganhos de tempo podem gerar efeitos ambientais pela migração modal, enquanto investimentos em segurança reduzem custos sociais invisíveis, fortalecendo a legitimidade da intervenção estatal.



DIRETRIZES BRASILEIRAS PARA A ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO E SUA APLICAÇÃO AO TRANSPORTE FERROVIÁRIO DE PASSAGEIROS

A Análise Custo-Benefício (ACB) aplicada ao transporte ferroviário de passageiros parte de uma lógica simples, mas poderosa: comparar o mundo como ele é com o mundo como ele poderia ser. Essa comparação se estrutura em três cenários que servem de base para a valoração socioeconômica: (i) Cenário Base, sem projeto, em que toda a demanda permanece no modo rodoviário; (ii) Cenário Alternativo, com a implantação do projeto ferroviário; e (iii) Cenário Comparativo, definido como a diferença entre o alternativo e o base, revelando os ganhos líquidos atribuíveis ao projeto.

CÁLCULO DOS BENEFÍCIOS SOCIAIS

Os benefícios sociais decorrem da redução dos aspectos proporcionalmente relacionados à demanda estimada do projeto. Essa demanda, por sua vez, deve ser calibrada a partir de pesquisas de preferência declarada (*Stated Preference* – SP), que captam a disposição dos usuários em migrar de um modo para outro a partir de atributos como tempo de viagem, frequência, preço e conforto. Estudos clássicos demonstram que a pesquisa de preferência declarada é particularmente adequada para modos ainda inexistentes, como projetos ferroviários de passageiros em fase de planejamento (Ortúzar & Willumsen, 2011).

Formalmente, pode-se representar:

$$\Delta A_{i,t} = (A_{i,t}^{base} - A_{i,t}^{alt})$$

Onde $\Delta A_{i,t}$ expressa os diferenciais dos aspectos i no período t , $A_{i,t}^{base}$ e $A_{i,t}^{alt}$ são, respectivamente, os aspectos A , com $i \in \{\text{tempo de viagem } (T); \text{ocorrência de acidentes por severidade } (S); \text{emissões de CO}_2 \text{ } (E)\}$, projetados para o período t nos cenários base e alternativo, proporcionais a demanda do projeto.

Com relação ao tempo de viagem, o benefício é calculado como o produto da variação do tempo médio de deslocamento pela demanda captada e pelo valor monetário atribuído à hora de viagem (VTTS). A abordagem da segurança viária faz uso da diferença projetada de acidentes (graves, leves e fatais) entre os cenários, valorizada por métricas como o Valor Estatístico da Vida (VSL) e custos hospitalares. Os aspectos ambientais fundamentam-se na contabilização da redução de emissões de CO₂ e de poluentes locais pela migração modal, valorada segundo preços de carbono adotados em normativos nacionais e internacionais. Dessa forma, os benefícios sociais (BS_t) monetizados em R\$ de cada período t podem ser resumidos como:

$$BS_t = (\Delta A_{T,t} \times VTTS) + (\Delta A_{S,t} \times VSL) + (\Delta A_{E,t} \times PC)$$

Onde $\Delta A_{T,t}$ representa o aspecto de tempo de viagem (T) economizado, $VTTS$ é o valor da hora de viagem (em R\$) por modo avaliado, $\Delta A_{S,t}$ traduz o aspecto das ocorrências de acidentes (S) evitadas, VSL aponta o valor estatístico da vida ou correspondente ao grau de severidade, $\Delta A_{E,t}$ corresponde aos aspectos de emissões de CO₂ (E) evitadas e PC é o preço da tonelada de carbono (ou equivalentes).



CUSTOS SOCIAIS E PREÇOS-SOCIAIS

Se os benefícios revelam as externalidades positivas de um projeto, os custos precisam ser igualmente tratados de forma socioeconômica, e não apenas contábil. A literatura de avaliação de projetos diferencia claramente a análise financeira (privada) da análise econômica (social). Enquanto a primeira trabalha com preços de mercado, a segunda exige que todos os fluxos sejam convertidos em preços-sociais, ou seja, valores que refletem o verdadeiro custo de oportunidade dos recursos para a sociedade (BRASIL, 2022b; Contador, 2000).

No caso de projetos ferroviários, os custos de capital (CAPEX) e operação/manutenção (OPEX) devem ser ajustados por fatores de conversão, a exemplo dos que são catalogados pelo Guia ACB e detalhados no Manual da INFRA S/A. Esses fatores reduzem ou ampliam os preços de mercado para refletir distorções como tributos, subsídios, imperfeições de mercado e custos sociais não internalizados. A lógica é simples: cada real gasto no projeto deve ser transformado em “custo social equivalente”, ajustado para que a comparação com os benefícios seja feita em bases homogêneas. Formalmente, o custo ajustado de um item j no período t pode ser expresso como:

$$C_{j,t}^* = C_{j,t} \times f_j$$

Onde $C_{j,t}^*$ é o custo social de cada item j que compõe CAPEX/OPEX do projeto, $C_{j,t}$ o custo de mercado e f_j o fator de conversão estabelecido pelos parâmetros oficiais. Dessa forma, temos os custos sociais totais (CS_t) calculados como o somatório de todos os custos sociais traduzidos ao preço sombra, no período t .

$$CS_t = \sum_j C_{j,t}^*$$

Uma vez ajustados os custos e identificados os benefícios diferenciais, constrói-se o fluxo de caixa social (FCS_t) do projeto:

$$FCS_t = BS_t - CS_t$$

Onde BS_t corresponde aos benefícios sociais no período t , e CS_t aos custos sociais totais.



AVALIAÇÃO DO PROJETO PELO MÉTODO DO FLUXO DE CAIXA SOCIAL DESCONTADO

A avaliação final do projeto resulta do desconto desse fluxo à Taxa Social de Desconto (TSD), recomendada pelo Guia ACB, obtendo-se o Valor Social Presente Líquido (VSPL):

$$VSPL = \sum_t \frac{FCS_t}{(1 + TSD)^t}$$

Complementarmente, calcula-se a Taxa de Retorno Econômico (TRE), equivalente à Taxa Interna de Retorno (TIR) em análise financeira, mas aplicada sobre os fluxos sociais.

$$0 = \sum_t \frac{FCS_t}{(1 + TRE)^t}$$

Por fim, calcula-se a Relação Custo-Benefício Social (RCB_s) que traduz o retorno decorrente de cada unidade investida no projeto, com a proporção dos benefícios e custos sociais trazidos a valor presente pela Taxa Social de Desconto.

$$RCB_s = \frac{\sum_t \frac{BS_t}{(1 + TSD)^t}}{\sum_t \frac{CS_t}{(1 + TSD)^t}}$$

Esses indicadores são basilares para a avaliação socioeconômica: se o VSPL é positivo e a TRE supera a TSD, o projeto gera valor social agregado e pode ser justificado como prioridade pública, ainda que financeiramente inviável do ponto de vista privado. Da mesma forma, a cada valor maior que um apurado pelo Relação Custo-Benefício Social, pode ser traduzido como retorno em ganhos que o investimento no projeto traz para a sociedade.

Em outras palavras, é no fluxo de caixa social que a ferrovia de passageiros deixa de ser “um custo” e se transforma em política pública estruturante. O que parecia despesa passa a ser enxergado como investimento, ou seja, cada real aplicado retorna à sociedade em tempo poupado, vidas preservadas e emissões evitadas. É essa inversão de lógica, da planilha financeira à racionalidade pública, que dá legitimidade ao aporte estatal em um setor historicamente deficitário em termos privados, mas rico em benefícios e externalidades positivas usualmente não computados pela análise financeira.



LEGITIMIDADE DO APORTE PÚBLICO E PROVOCAÇÕES FUTURAS

A síntese do modelo apresentado evidencia que tempo de viagem, segurança viária e aspectos ambientais não são apenas variáveis de mensuração: são três pilares que podem sustentar a legitimidade socioeconômica da ferrovia de passageiros. O tempo constitui o principal *driver* de atratividade, especialmente em corredores metropolitanos e regionais, onde a confiabilidade e a regularidade são diferenciais competitivos. A segurança desponta como benefício social imediato e de forte impacto distributivo, reduzindo mortes e feridos em rodovias saturadas. Já o aspecto ambiental se afirma como justificativa estratégica de longo prazo, alinhada às agendas ESG e aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), reposicionando a ferrovia como instrumento de mitigação climática e de resiliência urbana. É nessa tríade que a Análise Custo-Benefício (ACB) ganha protagonismo. Mesmo diante da baixa atratividade financeira privada, a ACB demonstra que os ganhos sociais podem superar os custos totais, legitimando aportes públicos.

A experiência internacional sugere que a ACB, por si só, não esgota o debate. O *Value for Money* (VfM), por exemplo, amplamente utilizado em países como o Reino Unido (DFID, 2011), busca responder não apenas se o projeto gera benefícios líquidos para a sociedade, mas como esses benefícios podem ser maximizados por diferentes arranjos institucionais. Em outras palavras, o VfM avalia se a concessão privada, a PPP ou a operação direta estatal entregam maior valor agregado em termos de eficiência, transparência e governança. Enquanto a ACB mede “o que se ganha”, o VfM mede “como se entrega” esse ganho.

O *Five Case Model*, também adotado no Reino Unido, na Austrália e recentemente também sistematizado para o contexto brasileiro (BRASIL, 2022a), amplia ainda mais o escopo ao organizar a avaliação em cinco dimensões: caso estratégico, econômico², comercial, financeiro e de gestão. O objetivo é garantir que um projeto não seja apenas viável do ponto de vista socioeconômico (caso econômico), mas que esteja ancorado em justificativa política (caso estratégico), seja contratualmente sólido (caso comercial), financeiramente sustentável (caso financeiro) e institucionalmente exequível (caso de gestão). Trata-se, portanto, de um modelo de governança de investimentos que reduz riscos como o de captura política.

Diante disso, a provocação que se impõe é clara: em um Brasil que retoma o debate sobre trens regionais e metropolitanos, não seria hora de adotar uma abordagem integrada que una ACB e VfM, na esteira da estruturação baseada no *Five Case Model*? Tal combinação permitiria não apenas mensurar os ganhos líquidos sociais, mas também garantir que esses ganhos sejam entregues no arranjo institucional mais eficiente, e que o processo decisório se mantenha transparente, auditável e orientado ao interesse público.

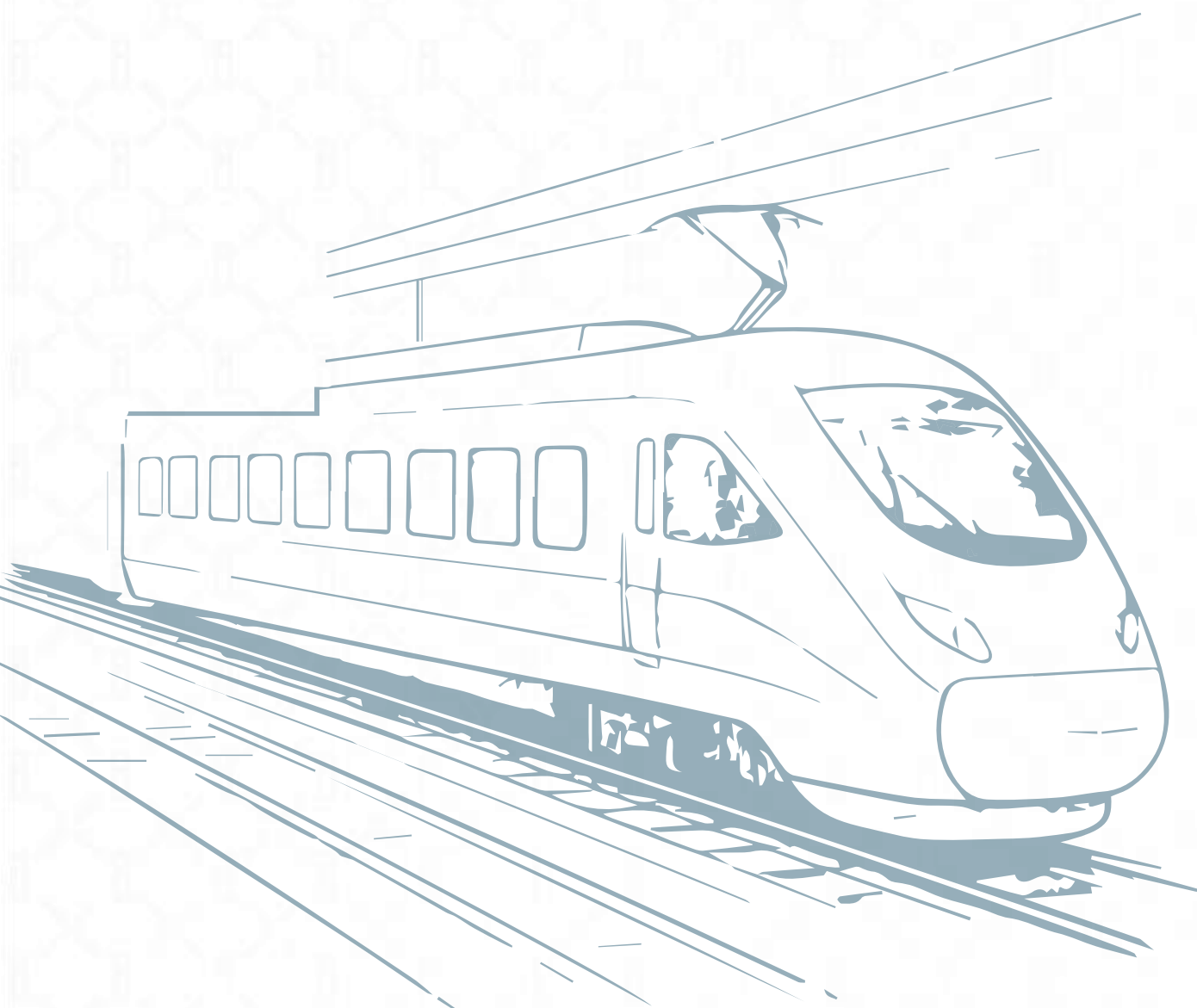
Em última instância, esse é o ponto de chegada: a ferrovia de passageiros precisa ser vista não como um resquício nostálgico do passado, mas como aposta estratégica de futuro. Se tempo, segurança e ambiente são blocos que sustentam sua legitimidade, cabe agora ao Estado brasileiro avançar para métodos integrados que deem conta da complexidade de priorizar, financiar e gerir projetos de alta relevância social. Só assim será possível transformar o debate atual em política pública consistente, e não em mais uma promessa interrompida nos trilhos.

²Onde a Análise Custo-Benefício é utilizada como instrumento para medir possíveis ganhos sociais do projeto.



CONCLUSÃO

O debate sobre a viabilidade do transporte ferroviário de passageiros no Brasil exige muito mais do que análises financeiras restritas ao CAPEX e ao OPEX: trata-se de reconhecer o potencial das ferrovias na geração de ganhos sociais em tempo, segurança e meio ambiente que superam sua baixa atratividade sob a restrita ótica privada. Este artigo buscou justamente reposicionar a discussão, mostrando como a Análise Custo-Benefício (ACB), estruturada pelos guias nacionais e internacionais, permite mensurar esses benefícios de forma transparente e legitimá-los como fundamento para o aporte público. Ao mesmo tempo, reconhecemos a necessidade de fortalecer parâmetros nacionais, consolidar dados e incorporar análises de risco, de modo que a ACB não se limite a reproduzir métricas estrangeiras, mas traduza a realidade brasileira. Por fim, propusemos ampliar o horizonte metodológico com instrumentos como o *Value for Money* e o *Five Case Model*, que se utilizam da ACB para avaliar arranjos institucionais e dimensões de governança. Assim, justificando-se novo impulso ao modo ferroviário não por nostalgia, mas por racionalidade técnica e legitimidade social. Em suma, um futuro em que tempo, segurança viária e aspectos ambientais sejam tratados como objetos de investimentos, e não como custos, e em que a escolha da ferrovia represente, acima de tudo, uma aposta consciente no desenvolvimento sustentável do país.





REFERÊNCIAS

- Amin, A. L., Chimba, D., & Hasan, K. (2025). Integrating AI and edge computing for advanced safety at railroad grade crossings. *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 33, 100501. <https://doi.org/10.1016/j.jrtpm.2024.100501>
- Anagnostopoulos, A. (2024). Modal Shift to Rail Transport as a Mitigation Measure to Decarbonize the Transport Sector: Review of Barriers and Opportunities. *E3S Web of Conferences*, 585, 12001. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202458512001>
- Avogadro, N., Cattaneo, M., Paleari, S., & Redondi, R. (2021). Replacing short-medium haul intra-European flights with high-speed rail: Impact on CO2 emissions and regional accessibility. *Transport Policy*, 114, 25–39. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2021.08.014>
- Binsuwadan, J., Wardman, M., de Jong, G., Batley, R., & Wheat, P. (2023). The income elasticity of the value of travel time savings: A meta-analysis. *Transport Policy*, 136, 126–136. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2023.03.013>
- BRASIL. (2022a). *Estruturação de Propostas de Investimento em Infraestrutura - Modelo de Cinco Dimensões. Adaptação do Five Case Model para o Contexto Brasileiro.*
- BRASIL. (2022b). *Guia ACB: Guia Geral de Análise Socioeconômica de Custo-Benefício de Projetos de Investimento em Infraestrutura.*
- Campoli, J. S., & Feijó, J. R. (2022). Preço do carbono para projetos de investimentos de infraestrutura no Brasil. *IPEA*, 1–48. <https://doi.org/10.38116/ntdiset102>
- Ćetković, J., Lakić, S., Bogdanović, P., Vujadinović, R., & Žarković, M. (2020). Assessing Environmental Benefits from Investment in Railway Infrastructure. *Polish Journal of Environmental Studies*, 29(3), 2125–2137. <https://doi.org/10.15244/pjoes/109849>
- Chhotu, A. K., & Suman, S. K. (2024). Cost Analysis and Prediction of Railroad Level Crossing Accidents for Indian Railways. *Urban Rail Transit*, 10(2), 107–121. <https://doi.org/10.1007/s40864-024-00220-w>
- Contador, C. R. (2000). *Projetos Sociais: Avaliação e Prática* (4th ed.). Elsevier.
- DFID, D. for I. D. (2011). *Multilateral Aid Review: Ensuring maximum value for money for UK aid through multilateral organisations.*
- EC, E. C. (2014). *Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects.* <https://doi.org/10.2776/97516>



REFERÊNCIAS

- EIB, E. I. B. (2020). *Appraisal Environmental and Social Review Summary Appraisal Stage (ESRS Appraisal Stage)*.
- FHWA, F. H. A. (2025). *Benefit-Cost Analysis Guidance for Discretionary Grant Programs*.
- Henrique, C., & De Carvalho, R. (2020). Custos dos acidentes de trânsito no Brasil: estimativa simplificada com base na atualização das pesquisas do Ipea sobre custos de acidentes nas rodovias. *IPEA*. <http://www.ipea.gov.br/portal/publicacoes>
- INFRA S/A. (2022). *Manual de Priorização de Ações e Avaliação Socioeconômica para apoio ao Planejamento de Sistemas e Infraestruturas de Transportes*.
- Jiang, C., Wan, Y., Yang, H., & Zhang, A. (2021). Impacts of high-speed rail projects on CO2 emissions due to modal interactions: A review. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 100, 103081. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.103081>
- Ju, Y., Kim, J., & Kang, W. (2024). Estimating the Value of Time Considering Perceived Congestion and Congestion Duration on Urban Rail Transit. *Journal of Korean Society of Transportation*, 42(5), 533–550. <https://doi.org/10.7470/jkst.2024.42.5.533>
- Lee, Y. (2025). A new approach to identify critical causal factors and evaluate intervention strategies for mitigating major railway occurrences in Taiwan. *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 33, 100507. <https://doi.org/10.1016/j.jrtpm.2025.100507>
- Moreira, L. de A., Santos, S. F. dos, Oliveira Neto, R. de, & Silva Junior, L. A. (2019). Revisão bibliográfica sobre o modal de transporte rodoviário no Brasil. *Research, Society and Development*, 8(3), e2283728. <https://doi.org/10.33448/rsd-v8i3.728>
- Odolinski, K., & Boysen, H. E. (2019). Railway line capacity utilisation and its impact on maintenance costs. *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 9, 22–33. <https://doi.org/10.1016/j.jrtpm.2018.12.001>
- Ortúzar, J. de D., & Willumsen, L. G. (2011). Modeling Transport. In *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine* (Vol. 4, Issue 1). Wiley.



REFERÊNCIAS

- Puteri, N. A. S., & Khamim Asy'ari, M. (2025). Hazard analysis and safety management in public transport light rail transit. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1473(1), 012043. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1473/1/012043>
- Santos, J. V., & Araujo, F. G. (2025). INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE SUSTENTÁVEL: FERROVIAS COMO ELEMENTO DE MITIGAÇÃO CLIMÁTICA. *Revista Políticas Públicas & Cidades*, 14(1), e1513. <https://doi.org/10.23900/2359-1552v14n1-10-2025>
- Suyunchev, O. O., & Mozgovaya, O. O. (2016). The Development of Mechanisms of State Regulation, Creating Conditions to Attract and Protect Investments in the Infrastructure Sector (On the Example of the Rail Transport). *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2776547>
- Zhu, J., & Guo, H. (2025). Does the development of high-speed rail benefit carbon emissions reduction? *Transport Policy*, 172, 103758. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2025.07.039>
- Zhu, W., Zhang, W., Zhang, M., & Fan, W. "David." (2025). Measuring Route Travel Time Reliability in an Urban Rail Transit Network. *Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems*, 151(6). <https://doi.org/10.1061/JTEPBS.TEENG-8713>

DA INVIABILIDADE FINANCEIRA À LEGITIMIDADE SOCIAL DO TRANSPORTE FERROVIÁRIO DE PASSAGEIROS: ANÁLISE CUSTO- BENEFÍCIO COMO PARÂMETRO DE AVALIAÇÃO