BNDES | Prêmio BNDES Ferrovias

Trabalhos premiados

CAPACIDADE QUE CIRCULA VAZIA: POLÍTICA PÚBLICA PARA O APROVEITAMENTO DO FLUXO FERROVIÁRIO DE RETORNO NO TRANSPORTE DE CARGA GERAL E CONTEINERIZADA

Paulo Rogério Zanoli



Rio de Janeiro, 2026

https://www.bndes.gov.br/premiobndesferrovias

CAPACIDADE QUE CIRCULA VAZIA: POLÍTICA PÚBLICA PARA O APROVEITAMENTO DO FLUXO FERROVIÁRIO DE RETORNO NO TRANSPORTE DE CARGA GERAL E CONTEINERIZADA

[Paulo Rogério Zanoli]
(1) Centro Universitário de Várzea Grande – UNIVAG; *(2)* Todimo Materiais para Construção S/A

RESUMO

A malha ferroviária brasileira opera com desequilíbrio direcional estrutural. Nos corredores de exportação, os trens circulam carregados no sentido do porto e retornam vazios ou subutilizados ao interior. Essa ociosidade é capacidade de transporte já construída, já financiada e já em operação, que não gera receita nem desloca carga da rodovia. Este trabalho sustenta que ocupar o fluxo de retorno com carga geral e conteinerizada é a via de menor custo unitário para ampliar a participação da ferrovia na matriz brasileira de transporte de cargas, porque prescinde de expansão física da malha. A partir de evidência primária de uma operação regular de abastecimento de revestimentos cerâmicos entre o interior de São Paulo e Rondonópolis (MT), em curso desde 2023, o estudo identifica cinco falhas de mercado que explicam por que essa oportunidade permanece inexplorada apesar de sua rentabilidade demonstrada: custo irrecuperável de qualificação da carga, assimetria de informação sobre capacidade disponível, escala mínima incompatível com a pulverização da carga geral, restrição de capital de giro associada ao estoque em trânsito e fragmentação da responsabilidade na cadeia intermodal. Com base nesse diagnóstico e em experiências internacionais e intersetoriais, propõe-se o Programa Nacional de Aproveitamento de Capacidade Ferroviária de Retorno, articulando seis instrumentos de política pública de natureza regulatória, normativa, fiscal e de fomento, com plano de implementação faseado, estimativa de custos, análise de riscos e indicadores de monitoramento.

Palavras-chave: transporte ferroviário de cargas; carga geral e conteinerizada; desequilíbrio direcional; capacidade ociosa; política pública de transportes.

1. Introdução e análise crítica do desafio

1.1. Caracterização do desafio

O debate público sobre o setor ferroviário brasileiro é dominado pela expansão da malha. A pauta é legítima: o país tem densidade ferroviária baixa para suas dimensões e para o perfil de sua produção. Mas ela é cara e lenta. O próprio Edital do Prêmio BNDES Ferrovias registra que a implantação de novos trechos custa entre R$ 20 e R$ 30 milhões por quilômetro, com longos prazos de maturação. Enquanto o país discute onde construir trilhos novos, opera de forma subaproveitada os trilhos que já possui.

O Tribunal de Contas da União, no Acórdão nº 1.667/2022, a partir de dados da ANTT referentes a 2020, apurou que menos de 30% da capacidade ferroviária nacional era efetivamente utilizada, ou seja, de aproximadamente 29,8 mil quilômetros de malha, cerca de 7,1 mil quilômetros não registravam qualquer fluxo de transporte e outros 18,5 mil quilômetros encontravam-se ociosos.

Este trabalho, recorta uma parcela específica e particularmente tratável dessa ociosidade, que consiste no desequilíbrio direcional, onde os corredores de exportação, a ferrovia brasileira opera como um sistema de mão única econômica. O trem desce carregado de grão, minério ou açúcar em direção ao porto e sobe vazio, ou com aproveitamento parcial, de volta ao interior, ou seja, é comum todos composição voltar vazia sem geração de receita de transporte.

A consequência econômica é direta. Como o custo do retorno está embutido na formação do frete do sentido carregado, o embarcador de commodities paga, na prática, pela viagem de ida e de volta. Ocupar o sentido deficitário não é apenas uma receita adicional para o operador, trata-se de uma redução potencial do custo unitário de todo o corredor, sendo que diferentemente da expansão de malha, esse ganho não exige desapropriação, licenciamento ambiental, obra civil ou longos prazos de retorno do investimento, uma vez que a capacidade já existe e já está paga.

A carga capaz de ocupar esse espaço é justamente aquela que o setor ferroviário brasileiro menos transporta, com os desafios de desenvolvimento do setor, a baixa utilização da malha para carga geral e conteinerizada, com a movimentação concentrada em minério de ferro e grãos. Os dois problemas: (*i*) o desequilíbrio direcional e (*ii*) a baixa diversificação de cargas são, em corredores de exportação, o mesmo problema visto de dois ângulos. Enfrentá-los conjuntamente é mais barato do que enfrentá-los em separado.

1.2. Delimitação, pergunta de pesquisa e contribuição

O estudo parte de uma constatação, em que existe, no corredor entre o interior de São Paulo e Mato Grosso, uma operação regular de abastecimento ferroviário de bens de consumo em curso desde 2023, com desempenho econômico e operacional documentado, volumes recorrentes e reprodutibilidade metodológica. A operação é rentável para o embarcador, rentável para o operador ferroviário e socialmente benéfica, por retirar caminhões de uma rodovia congestionada e reduzir emissões. Ainda assim, permanece uma exceção.

A pergunta que central desse trabalho é: se o ganho é evidente e a viabilidade está demonstrada, por que o mercado não replicou essa solução espontaneamente? A resposta a essa pergunta é o que separa uma boa prática empresarial de uma política pública. Enquanto a subutilização do fluxo de retorno for atribuída a desconhecimento ou inércia dos agentes, não há justificativa para intervenção estatal. Só há razão para o estado agir se existirem falhas de mercado identificáveis, como: externalidades, assimetrias de informação, custos de transação, problemas de coordenação ou restrições de crédito, que impeçam a solução eficiente de emergir por conta própria.

A contribuição do trabalho é dupla. Primeiro, oferece evidência primária de operação real, e não apenas dados agregados de fontes secundárias, para caracterizar tanto a viabilidade quanto os limites da migração modal de carga geral. Segundo, converte essa evidência em desenho de política pública com instrumentos identificados, base normativa existente, órgãos responsáveis, sequência de implementação, estimativa de custo e análise de riscos. O corredor São Paulo–Mato Grosso é tratado

como caso demonstrativo de um problema nacional, e a Seção 7 discute a replicabilidade da proposta a outros corredores com desequilíbrio direcional análogo.

2. Análise causal: por que o mercado não corrige o desequilíbrio

Esta seção sustenta que a subutilização do fluxo de retorno não decorre de irracionalidade dos agentes, mas de cinco falhas de mercado que tornam privadamente inviável uma operação socialmente vantajosa. Cada falha aponta para um instrumento distinto, e é essa correspondência que justifica uma política composta em vez de uma medida isolada.

2.1. Custo irrecuperável e não reaproveitável de qualificação da carga

Antes de embarcar carga geral em ferrovia, é preciso demonstrar que aquele produto, naquela unitização específica, suporta a viagem. No caso analisado, esse processo envolve a elaboração de um estudo de acomodação, que chamaremos nesse artigo de croqui, que define a disposição dos paletes no contêiner, a necessidade de dispositivos de travamento e o aproveitamento volumétrico e de peso, seguido de um embarque-teste e de vistoria no destino.

O ponto economicamente relevante não é o custo desse processo em si, que é modesto, mas o fato de ele ser integralmente suportado pelo primeiro embarcador e não gerar nenhum benefício apropriável por ele. Quem qualifica um piso cerâmico de determinada dimensão produz uma informação técnica que valeria para qualquer outro fabricante ou revendedor do mesmo produto. Como esse conhecimento não é registrado, padronizado nem publicado, cada novo entrante refaz o mesmo teste do zero. Trata-se de um custo irrecuperável que se repete indefinidamente no sistema, situação clássica em que a informação técnica tem características de bem público e é, por isso, sub ofertada pelo mercado.

2.2. Assimetria de informação sobre capacidade disponível

Não existe, no Brasil, oferta pública e tempestiva de capacidade ferroviária de retorno. Um embarcador situado na Região Sudeste que queira avaliar o envio de carga ao Centro-Oeste não dispõe de fonte acessível que informe quais trens circulam no sentido deficitário, com que frequência, com qual espaço disponível e a que preço de referência. Do outro lado, o operador ferroviário não enxerga uma demanda que é pulverizada entre centenas de embarcadores médios, cada um com volume individual insuficiente para provocar uma negociação comercial.

Há, no arcabouço vigente, um instrumento desenhado precisamente para esse fim que permanece subaproveitado. A Declaração de Rede, prevista na regulamentação das operações de direito de passagem e tráfego mútuo, é o documento em que a concessionária declara sua capacidade instalada e vinculada, permitindo apurar a capacidade ociosa. Ocorre que esse instrumento foi concebido para mediar relações entre concessionárias e operadores ferroviários, e não para informar o embarcador de carga geral. A informação existe no sistema regulatório, mas não chega a quem poderia usá-la.

2.3. Escala mínima incompatível com a pulverização da carga geral

A operação ferroviária é vendida em trens ou blocos, não em paletes ou em outro unitizador. Um único embarcador de carga geral raramente gera volume suficiente para sustentar frequência regular no sentido de retorno. No caso analisado, foi necessário atingir uma média mensal recorrente para que a operação se estabilizasse. A carga geral, por definição, é fracionada e distribuída entre muitos agentes, e não existe hoje figura institucional encarregada de consolidá-la.

O ordenamento brasileiro criou essa figura em 1998, com a Lei nº 9.611, que instituiu o Operador de Transporte Multimodal, pessoa jurídica, transportadora ou não, contratada como principal para a operação porta a porta, responsável perante o embarcador por toda a cadeia, ainda que execute o transporte por intermédio de terceiros, e cujas atribuições abrangem coleta, unitização, desunitização, consolidação, desconsolidação, movimentação, armazenagem e entrega. No papel, é exatamente o consolidador de que a carga geral ferroviária necessita.

Os números do registro mantido pela ANTT indicam, porém, que o instituto não cumpriu essa função. O total de operadores habilitados evoluiu de 164 em 2005 para 477 em 2013, alcançando 488 em fevereiro de 2014 — crescimento constante, mas em patamar modesto para um país com a dimensão e a pauta de transporte do Brasil. Mais revelador que o total é a composição. Em levantamento da própria ANTT, sobre 386 operadores habilitados, a atividade econômica principal declarada era o transporte rodoviário de cargas em 49% dos casos, seguida de agenciamento de cargas com 11% e de armazéns gerais com 6%. Apenas 4% declaravam como atividade principal a própria operação de transporte multimodal.

O dado sustenta uma leitura precisa do problema, em que o registro é majoritariamente ocupado por transportadores rodoviários que obtiveram a habilitação como extensão de sua atividade, e não por operadores cuja função econômica seja consolidar carga fracionada e distribuí-la entre modais. A figura existe formalmente, porém o papel de mercado que ela deveria desempenhar, não.

2.4. Restrição de capital de giro associada ao estoque em trânsito

Esta é a barreira menos discutida e, provavelmente, a mais determinante. A migração da rodovia para a ferrovia amplia o prazo de abastecimento. No caso analisado, o tempo total passou de aproximadamente 5 para 15 dias. Dez dias adicionais de mercadoria em trânsito significam capital de giro imobilizado que o embarcador precisa financiar.

O efeito é fortemente assimétrico entre portes de empresa. Uma companhia de grande porte, com acesso a crédito barato e estrutura de planejamento de demanda, absorve esse custo com facilidade e ainda captura o diferencial de frete. Uma empresa de médio porte, que financia estoque a taxas de mercado, pode ver a economia de frete integralmente consumida pelo custo financeiro do estoque adicional. A consequência é uma seleção adversa relevante do ponto de vista de política pública, em que a solução mais eficiente do ponto de vista sistêmico fica acessível apenas a quem já tem escala e crédito, e permanece fora do alcance de todo o resto do tecido produtivo.

Trata-se de barreira de natureza financeira, não logística e é decisiva, porque a solução operacional já é conhecida. O caso analisado demonstra que o alongamento do prazo pode ser neutralizado pela gestão de estoques em trânsito distribuídos ao longo do fluxo, desde que haja regularidade de frequência. O que falta ao embarcador médio não é o método, mas o capital para atravessar o período de transição até que o fluxo se estabilize.

2.5. Fragmentação da responsabilidade e precificação do risco de avaria

A operação intermodal envolve coleta rodoviária na origem, terminal de origem, transporte ferroviário, terminal de destino e distribuição rodoviária final. Na ausência de um responsável único perante o embarcador, cada elo responde apenas pelo próprio trecho, e a carga avariada em transbordo tende a gerar disputa em vez de indenização.

O regime de responsabilidade do Operador de Transporte Multimodal, disciplinado pela Lei nº 9.611/1998 e regulamentado pelo Decreto nº 3.411/2000, estabelece limites indenizatórios expressos em direitos especiais de saque por volume ou por quilograma. Para carga geral densa e de baixo valor por quilograma, esse regime pode ser adequado, já para outras categorias, os limites podem ser insuficientes, e a percepção de risco não segurado desestimula a migração. O ponto relevante para a política pública é que o risco de avaria opera aqui menos como custo esperado e mais como incerteza não precificada e incerteza não precificada é resolvida pelo agente com a decisão conservadora de permanecer na rodovia.

É significativo que, no caso analisado, não tenham sido registradas avarias na operação ferroviária, contra 0,2% sobre o valor do produto na operação rodoviária comparável. A percepção de risco do modal ferroviário para carga geral é, ao menos nesse recorte, superior ao risco efetivamente observado. Corrigir uma percepção equivocada por meio de informação é, tipicamente, uma intervenção de baixo custo e alto retorno.

2.6. Síntese: da causa ao instrumento

O quadro a seguir consolida o encadeamento entre cada falha identificada, sua natureza econômica e o instrumento correspondente que será detalhado na Seção 5. Essa correspondência é o que confere unidade à proposta e não se trata de um conjunto de medidas justapostas, mas de respostas específicas a causas distintas de um mesmo fenômeno.

Quadro 1 – Correspondência entre falhas de mercado e instrumentos de política pública

Falha de mercado	Natureza econômica	Instrumento proposto
Custo de qualificação da carga	Bem público informacional sub ofertado	Instrumento 2 – Protocolo Nacional de Qualificação de carga para o modal ferroviário
Assimetria de informação sobre capacidade	Assimetria informacional	Instrumento 1 – Declaração de Capacidade de Retorno
Escala mínima e pulverização	Falha de coordenação	Instrumento 6 – Revitalização do regime multimodal
Capital de giro do estoque em trânsito	Restrição de crédito e seleção adversa	Instrumento 5 – Linha de capital de giro para transição modal
Externalidade positiva não remunerada	Externalidade	Instrumento 3 – Bônus de Retorno
Ausência de terminal de carga geral	Indivisibilidade e custo fixo elevado	Instrumento 4 – Fomento a terminais multiusuário

3. Evidências empíricas e impactos

3.1. Magnitude do desequilíbrio direcional

O corredor que liga o interior de São Paulo a Mato Grosso oferece um caso extremo e, por isso, didático. Dados setoriais apresentados pelo ILOS (2025), indicam que, no período de doze meses encerrado em maio de 2025, foram transportadas por ferrovia aproximadamente 4,4 milhões de toneladas com destino ao estado, contra 26,2 milhões de toneladas em sentido oposto. A razão entre os fluxos é de cerca de seis para um.

Convém dimensionar o que essa razão significa em capacidade. Se aproximadamente 22 milhões de toneladas de diferencial retornam ao interior sem carga equivalente, e considerando a capacidade nominal de um contêiner de 40 pés de pouco mais de 28 toneladas, o espaço teoricamente disponível no sentido deficitário é de ordem de grandeza muito superior ao volume de carga geral hoje transportado no corredor. Ainda que apenas uma fração desse espaço seja tecnicamente utilizável, em razão de restrições de material rodante, compatibilidade de equipamento, janelas operacionais e distribuição temporal dos fluxos, a magnitude do potencial não é marginal.

3.2. Evidência de operação: abastecimento de revestimentos cerâmicos no corredor SP - MT

A operação examinada consiste no abastecimento de revestimentos cerâmicos produzidos na região de Rio Claro, no interior de São Paulo, com destino a Rondonópolis, em Mato Grosso. O carregamento ocorre em contêiner de 40 pés nas próprias unidades fabris, situadas a aproximadamente 60 quilômetros do terminal rodoferroviário de Sumaré, que mantém ligação ferroviária direta com o terminal de destino. A configuração é intermodal: a rodovia atende às pontas, e a ferrovia assume o trecho de longa distância.

A qualificação técnica precedeu a operação regular. Os produtos são acondicionados em paletes de alta densidade, com cerca de 1.500 quilogramas cada, o que torna crítica a acomodação no contêiner. No exemplo documentado, um piso cerâmico de 90,5 por 90,5 centímetros, unitizado em paletes de 1,00 por 1,20 metro com peso total de 1.535 quilogramas, resultou em configuração de 18 paletes e 27.535 quilogramas, com aproveitamento superior a 98% da capacidade do contêiner e necessidade de um dispositivo de travamento próximo à porta. A partir dessa análise, foi estabelecido como

critério de elegibilidade que apenas produtos com aproveitamento igual ou superior a 90% da capacidade e sem necessidade de remonte de paletes seriam liberados para embarque-teste.

Aprovado o embarque-teste e realizada a vistoria de chegada sem registro de avaria ou deslocamento, o produto e seus similares em dimensão e unitização passam a integrar fluxo contínuo. Produtos cuja simulação indique baixa ocupação são direcionados ao modal rodoviário. Adicionalmente, mesmo entre os produtos tecnicamente aprovados, priorizaram-se itens de menor valor por quilograma e alto giro, de modo a limitar o impacto financeiro do alongamento do prazo de abastecimento.

A operação está em curso desde 2023, com média mensal aproximada de 700 toneladas para um único embarcador ao longo dos dois primeiros anos. O quadro a seguir consolida o desempenho comparado observado.

Quadro 2 – Desempenho comparado observado na operação analisada

Dimensão	Rodoviário	Ferroviário	Observação
Participação do frete no valor do produto	35%	15%	Redução de 20 pontos percentuais, equivalente a queda de aproximadamente 57% na participação relativa
Prazo total de abastecimento	5 dias	15 dias	Dez dias adicionais de estoque em trânsito
Avarias sobre o valor transportado	0,2%	Não registrado	Atribuível à qualificação prévia da carga
Aproveitamento do contêiner	Não aplicável	Superior a 98%	Critério mínimo de elegibilidade fixado em 90%

Registre-se, para precisão técnica, que a redução verificada corresponde a 20 pontos percentuais na participação do frete sobre o valor do produto, o que equivale a uma queda de aproximadamente 57% em termos relativos. A distinção entre variação em pontos percentuais e variação relativa é frequentemente negligenciada e compromete a comparabilidade dos resultados.

Como referência independente, dados do Observatório Nacional de Transporte e Logística indicam, para carga conteinerizada, frete médio de R$ 0,51 por tonelada-quilômetro útil no modal rodoviário contra R$ 0,38 no ferroviário. O diferencial observado na operação analisada é substancialmente maior que essa média setorial, o que é coerente com a hipótese de que o frete de retorno é precificado abaixo do custo médio do corredor, justamente por ocupar capacidade que, de outro modo, circularia ociosa.

3.3. O que a evidência demonstra e o que não demonstra

A honestidade quanto aos limites da evidência é condição de credibilidade da proposta. O caso demonstra que existe classe de produtos para a qual a migração é economicamente vantajosa e operacionalmente segura, e que a qualificação prévia da carga reduz o risco de avaria a nível não observável. Demonstra, ainda, que o alongamento do prazo pode ser gerido sem ruptura de abastecimento quando há regularidade de frequência.

O caso não demonstra, contudo, que o resultado seja generalizável a qualquer produto ou a qualquer embarcador. Trata-se de operação única, em corredor único, com produto de características particularmente favoráveis: densidade elevada, baixo valor por quilograma, giro previsível e unitização padronizada. Não há grupo de controle, e o desempenho pode refletir características do embarcador, capacidade de planejamento, acesso a crédito, escala, tanto quanto características do modal.

Essa limitação, longe de enfraquecer o argumento, é o que fundamenta o desenho proposto. Precisamente porque a migração não é universalmente vantajosa, a política pública adequada não é o

incentivo genérico ao modal ferroviário, e sim um mecanismo de triagem que identifique quais cargas são elegíveis e concentre o apoio público onde o ganho social e econômico são demonstráveis.

4. Fundamentação e racional da proposta

4.1. Referencial teórico: custos conjuntos e o problema do fluxo de retorno.

O fenômeno tratado neste trabalho tem nome próprio na literatura econômica e uma tradição analítica que remonta ao início do século XX. Pigou e Taussig, no debate sobre tarifas ferroviárias e custos conjuntos publicado no Quarterly Journal of Economics em 1913, já discutiam o problema de repartir entre dois serviços produzidos conjuntamente um custo que não é atribuível separadamente a nenhum deles. A viagem de ida e a viagem de volta de uma composição são o exemplo canônico de produção conjunta: a decisão de operar o trecho gera as duas, e o custo é da rodada completa, não de cada sentido.

Dessa estrutura de custos decorre a proposição central deste estudo. Como demonstram Rietveld e Roson na análise da precificação direcional, e Behrens e Picard tratam a variável custo de transporte em modelo de comércio e geografia econômica, quando o transportador precisa comprometer capacidade para a viagem de ida e volta, o custo de oportunidade de transportar carga adicional no sentido deficitário é muito baixo. O equilíbrio se dá quando a soma dos preços dos dois sentidos cobre o custo da rodada, e não quando cada sentido cobre o próprio custo. Wong, examinando empiricamente o efeito de rodada no transporte marítimo internacional, mostra que as tarifas ótimas nos dois sentidos somam o custo marginal da viagem de ida e volta. Takahashi, por sua vez, analisa como o desequilíbrio direcional de preços de transporte afeta a distribuição espacial da atividade econômica.

A implicação para a política pública é direta e pouco explorada no debate brasileiro. O frete de retorno pode ser oferecido a preço próximo do custo marginal sem prejuízo do operador, porque o custo fixo já foi absorvido pela receita do sentido dominante. Isso explica por que o diferencial observado na operação examinada na Seção 3 supera a média setorial: não se está comparando dois modais em condições simétricas, mas um frete rodoviário que precisa cobrir custo médio com um frete ferroviário que precisa cobrir apenas custo incremental. O ganho não é uma anomalia da operação analisada; é uma propriedade estrutural do transporte em corredores desequilibrados.

Um segundo ramo da literatura fundamenta o instrumento informacional proposto. Demirel, van Ommeren e Rietveld modelam o problema do fluxo de retorno, como um problema de casamento entre oferta e demanda sujeito a fricções de busca, aplicando ao transporte de carga o instrumental desenvolvido para mercados com emparelhamento imperfeito. Nessa leitura, viagens vazias não decorrem de ausência de carga, mas de falha em encontrá-la a custo razoável dentro da janela temporal disponível. É precisamente o diagnóstico das Seções 2.2 e 2.3: existe carga e existe capacidade, mas não existe mecanismo eficiente de encontro entre as duas. Fricção de busca é falha de mercado corrigível por redução do custo de informação, que é o que fazem os Instrumentos 1 e 2 apresento no tópico 5.

Registre-se, por fim, que a literatura sobre viagens vazias reconhece que parte delas é irredutível, decorrendo da natureza aleatória da demanda e da atomização dos operadores, e não apenas do desequilíbrio de fluxos. Esse achado recomenda prudência na fixação de metas, pois nenhuma política eliminará integralmente o retorno vazio, e o objetivo realista é reduzi-lo.

4.2. Experiência internacional: incentivo à demanda por transporte combinado

A Itália mantém, desde 2016, o programa Ferrobonus, incentivo do Ministério das Infraestruturas e dos Transportes destinado a estimular a demanda por serviços de transporte ferroviário intermodal e transbordado. O benefício é dirigido às empresas usuárias e aos operadores de transporte multimodal que contratam trens completos, e é calculado sobre o volume de tráfego intermodal produzido em território nacional, medido em trem-quilômetro, observado o teto de 2,50 euros por trem-quilômetro.

Quando o beneficiário é um operador multimodal, impõe-se a obrigação de repassar ao menos metade do incentivo à clientela final, de modo a distribuir o benefício ao longo da cadeia logística.

Três características do desenho italiano são diretamente transponíveis. A primeira é a exigência de contrapartida de volume, sendo que o beneficiário se compromete a manter e incrementar patamar de tráfego, o que evita subsidiar carga que migraria de qualquer modo. A segunda é o repasse obrigatório ao cliente final, que impede a captura integral do incentivo pelo operador. A terceira, e a mais relevante para o caso brasileiro, é a focalização territorial, onde o programa foi concebido com atenção particular ao sul da Itália, região onde o desequilíbrio entre o uso da ferrovia e o da rodovia é mais acentuado. O princípio de direcionar o incentivo para onde a assimetria é maior é exatamente o que se propõe adaptar ao desequilíbrio direcional brasileiro.

A escala do programa também oferece parâmetro útil de calibração. O regime italiano foi autorizado pela Comissão Europeia em montante da ordem de 110 milhões de euros, com dotações anuais que têm oscilado entre 10 e 22 milhões de euros, complementadas por contribuições regionais adicionais firmadas com governos subnacionais, arranjo que sugere possibilidade de cofinanciamento por estados interessados.

4.3. Experiência internacional: fomento a terminais intermodais de acesso aberto

A Alemanha mantém diretriz federal de apoio a investimentos em instalações de transbordo de transporte combinado, atualmente a Richtlinie zur Förderung von Investitionen in Umschlaganlagen des Kombinierten Verkehrs, de 23 de novembro de 2022. São beneficiárias empresas de direito privado, e o apoio assume a forma de subvenção não reembolsável de até 80% dos custos de construção elegíveis, abrangendo tanto a implantação e a ampliação quanto a substituição de instalações existentes. A execução cabe ao Eisenbahn-Bundesamt, e a base de auxílio estatal é o art. 93 do Tratado sobre o Funcionamento da União Europeia.

O elemento decisivo para a transposição ao caso brasileiro é a contrapartida. A concessão do apoio está expressamente condicionada a que a instalação seja pública, isto é, acessível a todos os usuários de forma não discriminatória. O cofinanciamento estatal não gera vantagem competitiva exclusiva para o operador beneficiado que converte o terminal em infraestrutura de uso comum. Programas de natureza semelhante existem na Áustria, com apoio a terminais e a ramais de acesso na forma de subvenção ou de contribuição anual sobre os custos elegíveis de investimento.

A racionalidade econômica subjacente é a de que o terminal constitui a interface crítica do transporte combinado. Sem nó de transbordo eficiente, o ganho obtido no trecho ferroviário de longa distância é dissipado nas pontas. Trata-se de ativo com custo fixo elevado, indivisibilidade e retorno que se materializa parcialmente fora da empresa que investe, configuração clássica de justificativa para cofinanciamento público condicionado.

4.4. Experiência intersetorial brasileira: oferta pública de capacidade ociosa

A contribuição mais original deste trabalho, do ponto de vista de desenho institucional, não vem do exterior, mas de outros setores de infraestrutura em rede no próprio Brasil. Nos setores de gás natural e de energia elétrica, consolidou-se o princípio de que capacidade contratada e não utilizada em infraestrutura essencial deve ser objeto de oferta pública a terceiros, com regras de transparência, precificação e não discriminação. A lógica é que a capacidade ociosa em ativo de rede regulado não é um bem privado disponível ao arbítrio do detentor e sim recurso escasso cuja subutilização impõe custo à coletividade.

Transportar esse princípio para a ferrovia não exige inovação legislativa. Ele já existe no arcabouço ferroviário brasileiro, embora em estado latente. A regulamentação das metas de produção estabelece que a capacidade ociosa de cada trecho será obrigatoriamente disponibilizada a outras concessionárias, para direito de passagem ou tráfego mútuo, ou a usuários e a operadores de transporte multimodal, para contratação de serviço exclusivo. A regulamentação das operações de

compartilhamento, por sua vez, define capacidade ociosa como a diferença entre capacidade instalada e capacidade vinculada, considerando o atendimento a terceiros.

A norma, portanto, já obriga. O que não existe é o procedimento que a torne exequível para o embarcador de carga geral: não há publicidade da capacidade disponível por sentido, não há canal padronizado de requisição, não há prazo regulamentar de resposta e não há preço de referência. A obrigação existe no papel e é inoperante na prática. Esse achado altera substancialmente a natureza da proposta e sua viabilidade. Não se trata de criar um direito novo, com todo o custo político e o prazo legislativo que isso implicaria, mas de dotar de procedimento um direito que o ordenamento já reconhece.

4.5. Base normativa complementar

Outros dispositivos do marco vigente reforçam a fundamentação. A Lei nº 14.273/2021 veda a recusa injustificada de transporte de cargas nas ferrovias outorgadas, admitindo como justificativas apenas a saturação da via, o descumprimento das condições contratuais de transporte e a indisponibilidade de material rodante e de serviços acessórios adequados, cabendo ao regulador fiscalizar. A mesma lei determina que o edital e o contrato de concessão indiquem obrigatoriamente as tarifas máximas para acesso à malha por terceiros e a capacidade de transporte da ferrovia, e atribui ao regulador a determinação do nível de saturação. Prevê, ainda, a figura do usuário investidor, que pode aportar recursos para ampliação ou adaptação operacional da infraestrutura mediante compensação negociada, e faculta ao Poder Executivo o chamamento público para identificar interessados na exploração de trechos ociosos.

O conjunto revela um arcabouço normativo mais favorável do que a prática do setor sugere. A lacuna é regulamentar e procedimental, não legal, circunstância que reduz de modo significativo o custo e o prazo de implementação da política proposta e fortalece sua exequibilidade.

4.6. Análise de alternativas

Três alternativas foram consideradas e afastadas.

A primeira é a expansão física da malha nos corredores de abastecimento. Foi descartada por relação custo-benefício desfavorável no horizonte relevante, isso em função do elevado custo de implantação de ferrovia por quilômetro, dessa forma, a expansão não responde a um problema cuja natureza é de aproveitamento, e não de escassez, de capacidade. Permanece necessária por outras razões, mas não é a resposta a este desafio específico.

A segunda é a desoneração tributária ampla do frete ferroviário. Foi descartada por baixa focalização e alto custo fiscal que beneficiaria integralmente a carga de commodity, que já utiliza o modal e não alteraria sua decisão, gerando peso morto elevado por unidade de carga efetivamente transferida da rodovia.

A terceira é a solução exclusivamente autorregulatória, por meio de acordos setoriais entre concessionárias, operadores e embarcadores. Foi descartada por duas razões: primeiro, do ponto de vista econômico, a autorregulação não resolve falhas que envolvem bem público informacional e, segundo a restrição de crédito, pois nenhum agente privado tem incentivo para financiar informação que beneficia concorrentes.

5. Proposta: Programa Nacional de Aproveitamento de Capacidade Ferroviária de Retorno

Propõe-se a instituição do Programa Nacional de Aproveitamento de Capacidade Ferroviária de Retorno, doravante Programa Retorno, com o objetivo de converter capacidade ferroviária ociosa em sentido deficitário em transporte efetivo de carga geral e conteinerizada. O Programa é composto por seis instrumentos de naturezas distintas, articulados de modo que cada um responda a uma das falhas identificadas na Seção 2. A remoção de qualquer um deles compromete os demais, uma vez que a

informação sem acesso não gera contrato; acesso sem consolidação não gera escala; escala sem capital de giro exclui o embarcador médio.

5.1. Instrumento 1 — Declaração de Capacidade de Retorno (regulatório)

Natureza: resolução da ANTT, alterando a regulamentação vigente sobre Declaração de Rede e metas de produção de responsabilidade da ANTT.

Consiste em desdobrar a Declaração de Rede em módulo público de capacidade de retorno, com publicação periódica, por trecho e por sentido, das informações mínimas necessárias à decisão do embarcador, que são: capacidade instalada; capacidade vinculada; capacidade ociosa apurada; frequência de circulação no sentido deficitário; tipologia de material rodante disponível e tarifa de referência para acesso de terceiros.

O instrumento deve estabelecer, ainda, procedimento padronizado de requisição de capacidade por usuário ou por operador de transporte multimodal, com prazo regulamentar de resposta, exigência de motivação escrita em caso de recusa, vinculação expressa às hipóteses taxativas do art. 38 da Lei nº 14.273/2021 e mecanismo célere de solução de controvérsias perante a agência.

O ponto essencial é que este instrumento não cria obrigação nova. A obrigação de disponibilizar capacidade ociosa a usuários e a operadores multimodais já existe na regulamentação vigente. O que se propõe é a construção do procedimento que a torna exequível com publicidade, canal, prazo, preço de referência e sanções em caso de descumprimento.

5.2. Instrumento 2 — Protocolo Nacional de Qualificação de Carga Ferroviária (normativo e técnico)

Natureza: norma técnica de referência, com registro público de qualificações, de responsabilidade do Ministério dos Transportes e ANTT, com participação técnica de entidades de normalização e do setor.

O Protocolo padroniza a sequência de qualificação de carga geral para transporte ferroviário conteinerizado, incorporando as etapas validadas na prática, como: caracterização do produto e da unitização; simulação de acomodação e centro de gravidade, definição de dispositivos de travamento, apuração do aproveitamento de peso e volume, avaliação preliminar de custo logístico total, embarque-teste, vistoria de chegada, registro de ocorrências e decisão de liberação ou reprovação.

A inovação decisiva não está no protocolo em si, mas no registro público que o acompanha. Cada qualificação concluída passa a integrar cadastro nacional acessível, organizado por família de produto, dimensão e padrão de unitização, com o resultado obtido. Um fabricante de revestimento cerâmico que consulte o registro e encontre produto equivalente já qualificado dispensa o teste próprio, ou o realiza em versão simplificada. É a conversão de um custo privado repetido em bem público não rival, resposta direta à falha descrita na Seção 2.1.

O registro deve preservar informação comercialmente sensível. Publicam-se parâmetros técnicos de acomodação e resultado de integridade, não volumes, tarifas ou identidade de clientes.

5.3. Instrumento 3 — Bônus de Retorno (fomento)

Natureza: incentivo financeiro por desempenho, extinção automática de responsabilidade do Ministério dos Transportes, com operacionalização por agente financeiro federal.

Inspirado no Ferrobonus italiano, mas com parâmetro de elegibilidade adaptado ao problema brasileiro. Enquanto o programa italiano remunera o trem-quilômetro intermodal de modo geral, o bônus de retorno remunera exclusivamente a carga geral ou conteinerizada transportada no sentido deficitário de corredores previamente classificados como direcionalmente desequilibrados pelo regulador.

Parâmetros propostos:

- Elegibilidade condicionada a: (i) circulação no sentido classificado como deficitário; (ii) carga geral ou conteinerizada, excluídas as commodities minerais e agrícolas a granel; e (iii) volume incremental sobre linha de base histórica do próprio beneficiário, de modo a não subsidiar carga preexistente.
- Beneficiário: o embarcador usuário ou o operador de transporte multimodal, com obrigação de repasse de ao menos 50% do benefício ao cliente final quando o beneficiário for operador, replicando a solução italiana.
- Base de cálculo: tonelada-quilômetro útil incremental, e não trem-quilômetro, por ser métrica compatível com as bases de dados setoriais brasileiras e por acompanhar melhor o objetivo de ocupação efetiva.
- Extinção automática: alíquota decrescente ao longo de cinco anos, com extinção automática ao final, salvo avaliação de impacto que justifique prorrogação. A justificativa da temporariedade é que o incentivo se destina a custear a travessia de um período de transição, não a sustentar permanentemente uma operação que deve tornar-se autossustentável quando alcançada a escala.
- Contrapartidas: manutenção de índice de avaria abaixo de patamar definido, adesão ao Protocolo do Instrumento 2 e fornecimento de dados operacionais ao sistema de monitoramento.

5.4. Instrumento 4 — Fomento a terminais multiusuário de carga geral (investimento)

Natureza: modalidade condicionada dentro de linhas de financiamento existentes de responsabilidade do BNDES, em articulação com o Ministério dos Transportes.

Os terminais intermodais brasileiros foram dimensionados para o fluxo dominante, o granel de exportação, e não para recebimento e distribuição de carga geral no interior. Sem capacidade de armazenagem, movimentação e desconsolidação no destino, a carga geral não encontra ponto de entrada na rede. Soma-se a isso a restrição de material rodante apontada na Seção 3.1: dos 102.592 vagões em operação no país, apenas 8.896 são do tipo plataforma.

A proposta não é criar linha nova, e essa é uma escolha deliberada de exequibilidade. O BNDES já dispõe de linha de infraestrutura logística que alcança expressamente terminais e operadores logísticos, financiando implantação, expansão, modernização e recuperação, inclusive equipamentos e sistemas operacionais, bem como de linha específica para ferrovias. Em 2026, o Banco anunciou ainda produto dedicado ao setor ferroviário com prazo de até quarenta anos e carência ampliada, justificado pela baixa taxa de retorno e pela longa maturação característica desses projetos. O que se propõe é instituir, dentro desse instrumental, uma modalidade de acesso aberto, com condições diferenciadas de participação e prazo para projetos que assumam a contrapartida descrita adiante.

Os itens elegíveis devem abranger, além da obra civil do terminal, os ativos que hoje constituem o gargalo efetivo, como: os equipamentos de movimentação e transbordo, os sistemas de gestão e rastreamento, ativos de unitização e, de modo expresso, os vagões-plataforma e demais equipamentos de transporte conteinerizado. Sem material rodante adequado, a capacidade de retorno permanece indisponível ainda que exista espaço na via.

A contrapartida central é a obrigação de acesso não discriminatório a terceiros, com tarifas publicadas, replicando a condição que a diretriz alemã impõe aos terminais apoiados com recursos federais. Propõe-se que a obrigação vigore por prazo não inferior ao do financiamento, de modo a assegurar que o ativo permaneça de uso comum enquanto durar o apoio público, com registro em instrumento oponível a eventuais sucessores. É essa condição que distingue o fomento à infraestrutura compartilhada do reforço à posição competitiva de um operador individual.

Registre-se que o desenho é compatível com a orientação atual do Banco de operar sem subsídio de taxa, em que a diferenciação proposta incide sobre participação e prazo, e é remunerada pelo benefício social do acesso aberto, não por equalização de encargos. Há, ademais, precedente recente e

pertinente. A operação demonstra que a diversificação da matriz de cargas ferroviárias já é tratada como prioridade de fomento; o que a proposta acrescenta é a condicionalidade de acesso aberto, que converte apoio pontual em capacidade de uso comum.

5.5. Instrumento 5 — Linha de capital de giro para transição modal (crédito)

Natureza: linha de crédito com garantia parcial de responsabilidade do BNDES e agentes financeiros credenciados, com possível utilização de fundo garantidor.

Este é o instrumento que responde à barreira mais determinante e menos endereçada. Destina-se a financiar o capital de giro adicional decorrente do alongamento do prazo de abastecimento durante o período de transição do embarcador para o modal ferroviário, com prazo compatível com o ciclo de estabilização do fluxo e liberação vinculada à comprovação de embarques efetivos.

O público-alvo deve ser explicitamente as pequenas e médias empresas. Grandes embarcadores não enfrentam essa restrição e não devem ser beneficiários. A focalização é o que confere ao instrumento sentido de política pública: sem ela, o programa consolidaria a assimetria descrita na Seção 2.4, na qual a solução eficiente permanece acessível apenas a quem já dispõe de escala e crédito.

5.6. Instrumento 6 — Revitalização do regime multimodal e do consolidador de carga (normativo)

Natureza: revisão regulamentar de responsabilidade do Ministério dos Transportes e ANTT.

A carga geral só alcança escala ferroviária se houver quem a consolide, e o diagnóstico da Seção 2.3 mostrou que a figura legalmente desenhada para essa função não a exerce. Propõem-se duas medidas de alcance delimitado e uma recomendação de agenda.

A primeira medida é a simplificação do regime de habilitação e registro do Operador de Transporte Multimodal, com revisão dos requisitos de acesso e dos deveres acessórios que hoje oneram a operação sem correspondente ganho de controle. Deve ser reexaminado, em particular, o grau de detalhamento exigido no preenchimento do Conhecimento de Transporte Multimodal de Cargas: a exigência atual expõe ao contratante a composição de custos entre os trechos, e, portanto, a margem do operador, o que desestimula a emissão do documento próprio da operação multimodal e empurra o agente para a emissão de conhecimentos separados por modo. O objetivo é preservar a rastreabilidade da carga sem obrigar à divulgação de informação comercialmente sensível.

A segunda medida é a revisão do regime de responsabilidade e do seguro aplicável à operação multimodal, de modo a tornar o risco de avaria valorizado e transferível. A evidência da Seção 3 é pertinente, uma vez que, a operação examinada não registrou avarias, contra 0,2% sobre o valor do produto na alternativa rodoviária. Havendo divergência entre risco percebido e risco observado, o instrumento adequado é o seguro, não o subsídio. Recomenda-se, para tanto, que o registro público previsto no Instrumento 2 gere série histórica de sinistralidade por família de produto, insumo hoje inexistente e sem o qual o mercado segurador não consegue precificar a operação.

A terceira frente é de natureza tributária e este trabalho, deliberadamente, não propõe solução para ela. A incerteza quanto à compensação de créditos em operação que envolve mais de uma unidade federativa, etapas de consolidação e desconsolidação e mais de um modo de transporte é apontada como entrave central pela própria Agência reguladora. Seu equacionamento, contudo, depende de definições ainda em curso na regulamentação da transição do sistema tributário sobre o consumo e exige análise especializada que extrapola o escopo deste estudo. Recomenda-se que o tratamento tributário da operação multimodal integre expressamente a agenda dessa regulamentação, sob pena de a nova sistemática reproduzir uma distorção que hoje penaliza a operação com dois ou mais modos em relação ao transporte rodoviário direto. A janela é estreita e tratar do tema durante a transição é substancialmente menos custoso do que fazê-lo depois de consolidada a nova sistemática.

6. Plano de implementação

A implementação é proposta em três fases, ordenadas segundo o custo e o prazo de cada instrumento. Os instrumentos regulatórios e normativos, de custo fiscal baixo e prazo curto, antecedem os instrumentos de fomento, de modo que a alocação de recursos públicos ocorra apenas depois de estabelecidas as condições informacionais e procedimentais que a tornam eficaz.

Quadro 3 – Fases, entregas e responsáveis

Fase	Período estimado	Entregas	Responsáveis
I	Meses 1 a 12	Resolução da Declaração de Capacidade de Retorno; classificação dos corredores direcionalmente desequilibrados; publicação do Protocolo Nacional e abertura do registro de qualificações	ANTT; Ministério dos Transportes
II	Meses 12 a 24	Projeto-piloto em corredor selecionado; instituição do Bônus de Retorno; abertura das linhas de terminais e de capital de giro	Ministério dos Transportes; BNDES; ANTT
III	Meses 24 a 60	Extensão aos demais corredores com desequilíbrio direcional reconhecido; avaliação de impacto do Bônus; decisão fundamentada sobre extingui-lo ao final do prazo ou prorrogá-lo.	Ministério dos Transportes; BNDES; ANTT

Recomenda-se que o corredor São Paulo–Mato Grosso seja adotado como piloto da Fase II, por três razões: (*i*) existe evidência operacional consolidada de viabilidade; (*ii*) o desequilíbrio direcional está entre os mais acentuados do país; e (*iii*) a infraestrutura de terminal conteinerizado já está instalada em ambas as pontas, o que permite testar os instrumentos regulatórios e de fomento sem depender da maturação simultânea de investimento em terminal.

7. Resultados esperados

Incialmente, explica-se a origem de cada formulação empregada nesta seção. As expressões de capacidade, carga migrada, economia de frete, viagens rodoviárias evitadas e custo fiscal são identidades contábeis construídas para este trabalho que encadeiam grandezas observáveis e não constituem modelos tomados da literatura. A expressão de emissões evitadas segue a prática corrente de inventários de gases de efeito estufa, que multiplica o dado de atividade pelo fator de emissão de cada modo. Já as formulações da Seção 7.2, relativas ao custo do estoque em trânsito, provêm da literatura de logística empresarial referida.

7.1. Metodologia de estimativa

A estimativa de impacto parte da capacidade de retorno tecnicamente utilizável, e não do diferencial bruto de tonelagem entre sentidos, pelas razões apontadas na Seção 3.1. Define-se:

$C = V \times f \times u$, em que C é a capacidade de retorno utilizável em toneladas por ano, V é o número anual de vagões-plataforma que retornam vazios ou parcialmente carregados no corredor, f é a capacidade média de carga por vagão em toneladas e u é o fator de utilização técnica admissível, que incorpora restrições de compatibilidade de equipamento, janela operacional e distribuição temporal dos fluxos.

A carga adicional em cada cenário é $Q = C \times \tau$, sendo τ a taxa de captura. A economia logística bruta é $E = Q \times d \times (\varphi r - \varphi f)$, em que d é a distância média do corredor e φr e φf são os fretes médios por

tonelada-quilômetro útil nos modais rodoviário e ferroviário. As viagens rodoviárias evitadas correspondem a $N = Q / k$, sendo k a carga útil média por veículo rodoviário equivalente. As emissões evitadas resultam de $G = Q \times d \times (\varepsilon r - \varepsilon f)$, com ε representando o fator de emissão por tonelada-quilômetro útil em cada modal. O custo fiscal do Bônus é $F = \beta \times Q \times d$, e o indicador de eficiência do gasto é F / Q, o dispêndio público por tonelada efetivamente transferida.

7.2. Calibração do incentivo e limiar de valor da mercadoria

A Seção 2.4 identificou o custo do estoque adicional em trânsito como barreira à migração modal. O princípio de dimensionamento proposto para o benefício de Retorno é que ele compense essa barreira e não mais que isso. O custo financeiro do estoque adicional, por tonelada, é dado por $p \times i \times (\Delta t / 365)$, em que p é o valor da mercadoria por tonelada, i é o custo anual do capital e Δt é o acréscimo de prazo em dias. A alíquota máxima justificável do incentivo é, portanto, $\beta = [p \times i \times (\Delta t / 365)] / d$.

A aplicação dessa fórmula produz um resultado que merece exame cuidadoso. Para a classe de produto analisada na Seção 3, com valor da ordem de R$ 1.000 por tonelada, acréscimo de dez dias no prazo de abastecimento e custo de capital de 14% ao ano, o custo financeiro do estoque adicional é de aproximadamente R$ 3,84 por tonelada. Sobre um percurso de cerca de 1.500 quilômetros, isso equivale a algo próximo de R$ 0,0026 por tonelada-quilômetro útil. Já a economia de frete, tomando o diferencial setorial entre os modais, é da ordem de R$ 195 por tonelada no mesmo percurso.

A ordem de grandeza é a informação relevante, a economia de frete supera o custo financeiro do estoque adicional em proporção próxima de cinquenta para um. Invertendo a relação, é possível determinar o valor de mercadoria a partir do qual o custo de estoque anularia o ganho de frete. Igualando as duas expressões, obtém-se $p^* = d \times (\varphi r - \varphi f) \times 365 / (i \times \Delta t)$, o que resulta, para os mesmos parâmetros, em cerca de R$ 51 por quilograma.

Esse limiar é elevado. Ele indica que, para percursos longos e sob custo de capital corrente, a objeção de que o alongamento do prazo anularia a economia de frete é quantitativamente frágil para a grande maioria da carga geral, e não apenas para produtos de baixíssimo valor agregado. A implicação de política pública é significativa e reorienta a proposta, se a barreira financeira é pequena em magnitude, o obstáculo determinante não é o custo do estoque, mas a disponibilidade de capital para financiá-lo e, sobretudo, as falhas informacionais e de acesso descritas nas Seções 2.1 a 2.3 e 2.5. Reforça-se, assim, a precedência dos instrumentos regulatórios e informacionais sobre os instrumentos de subsídio, tal como proposto no plano de implementação.

Duas ressalvas delimitam o alcance dessa conclusão. A primeira é que o cálculo captura apenas o custo financeiro de carregamento do estoque, e não os demais efeitos do prazo mais longo, como a necessidade de estoque de segurança maior diante da variabilidade de demanda, o risco de obsolescência, a sazonalidade e a eventual perda de nível de serviço ao cliente final. A segunda é que o limiar é sensível à distância. Em percursos curtos, a economia de frete cai proporcionalmente enquanto o custo de estoque permanece, e o limiar desce com rapidez. A conclusão vale para corredores longos, que são precisamente aqueles em que o desequilíbrio direcional brasileiro se manifesta. O Anexo A apresenta o limiar para diferentes combinações de distância e custo de capital.

7.3. Cenários de impacto

Aplicada a metodologia, os resultados são apresentados em três cenários de captura ao final do quinto ano de vigência do Programa. As premissas adotadas e a memória de cálculo completa constam do Anexo B.

Quadro 4 – Cenários de impacto ao final do quinto ano

Indicador	Conservador (10%)	Intermediário (25%)	Expansivo (40%)
Carga adicional no sentido de retorno (mil t/ano)	94,9	237,3	379,7
Economia logística estimada (R$ milhões/ano)	18,5	46,3	74,0
Viagens rodoviárias evitadas (mil/ano)	3,5	8,8	14,1
Emissões evitadas (mil t CO_2e/ano)	6,3	15,7	25,0
Custo fiscal do Bônus (R$ milhões/ano)	0,37	0,93	1,48
Custo fiscal por tonelada transferida (R$/t)	R$ 3,90	R$ 3,90	R$ 3,90

Adicionalmente, propõe-se que o programa seja monitorado por conjunto reduzido de indicadores, apurados por corredor e por sentido, de modo a permitir avaliação de impacto ao final da Fase II.

Quadro 5 – Indicadores de monitoramento

Indicador	Definição	Finalidade
Índice de equilíbrio direcional	Razão entre tonelagem no sentido deficitário e no sentido dominante	Medir o objetivo central do Programa
Participação da carga geral	Carga geral e conteinerizada sobre o total transportado no corredor	Aferir diversificação da matriz de cargas
Taxa de retorno vazio	Vagões-plataforma retornando sem carga sobre o total	Medir ociosidade remanescente
Qualificações registradas	Número de famílias de produto com qualificação concluída	Aferir a formação do bem público informacional
Adesão por porte	Participação de pequenas e médias empresas entre os beneficiários	Verificar a focalização do programa
Custo fiscal unitário	Recurso público por tonelada efetivamente transferida da rodovia	Avaliar eficiência do gasto

8. Avaliação econômico-financeira

Os custos do programa distribuem-se de modo bastante desigual entre os instrumentos. Os Instrumentos 1, 2 e 6, de natureza regulatória e normativa, apresentam custo fiscal marginal, limitado a custeio administrativo, desenvolvimento de sistema de publicação e manutenção do registro de qualificações. Concentram, contudo, boa parte do efeito esperado, por removerem barreiras informacionais e procedimentais sem transferência de recursos. O Instrumento 3 é o único com impacto fiscal direto relevante. Os Instrumentos 4 e 5 operam por crédito, com impacto fiscal restrito a eventual equalização de taxas e ao custo esperado de garantias.

Quadro 6 – Estrutura de custos e fontes de financiamento

Instrumento	Natureza do custo	Ordem de grandeza	Fonte de recursos
1 – Declaração de Capacidade de Retorno	Custeio administrativo e sistema	Baixa	Orçamento da ANTT
2 – Protocolo e registro público	Custeio e desenvolvimento	Baixa	Orçamento do Ministério dos Transportes
3 – Bônus de Retorno	Renúncia ou dispêndio direto	Média a alta	Dotação do Ministério dos Transportes; alternativa: Fundo Clima
4 – Terminais multiusuário	Equalização e risco de crédito	Média	Recursos do BNDES
5 – Capital de giro	Equalização e garantia	Média	Recursos do BNDES e fundo garantidor
6 – Regime multimodal	Custeio administrativo	Baixa	Orçamento setorial

Um parâmetro de comparação dimensiona a ordem de grandeza envolvida. No cenário intermediário do Quadro 4, o Bônus de Retorno custa R$ 0,93 milhão por ano no corredor piloto, ou cerca de R$ 4,6 milhões em cinco anos. Adotado o intervalo de custo de implantação discutido na Seção 4.6, esse montante equivale a algo entre 170 e 460 metros de ferrovia nova, contra um ganho logístico anual estimado em R$ 46,3 milhões. Ainda que o Programa fosse estendido simultaneamente a dez corredores de porte semelhante, o dispêndio anual permaneceria abaixo de R$ 10 milhões. A modéstia do custo fiscal redefine a questão do financiamento, que deixa de exigir fonte extraordinária. Indica-se como fonte principal a dotação orçamentária específica do Ministério dos Transportes, por três razões: (*i*) o valor é imaterial diante do orçamento setorial; (*ii*) o Bônus é transferência condicionada a desempenho, e não investimento, o que o torna compatível com despesa corrente ordinária; e (*iii*) a solução mantém a gestão no mesmo órgão encarregado de classificar os corredores direcionalmente desequilibrados, evitando fragmentação de governança.

Como fonte alternativa, indica-se o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima, na modalidade não reembolsável. A aderência é direta, pois o resultado remunerado pelo bônus é, em essência, emissão evitada. Reforça o argumento a convergência entre dois métodos independentes de calibração: a alíquota derivada do custo do estoque, apurada na Seção 7.2, situa-se em R$ 0,0026 por tonelada-quilômetro útil, enquanto a alíquota que resultaria de precificar as cerca de 44 gramas de dióxido de carbono equivalente evitadas por tonelada-quilômetro útil, a R$ 50 por tonelada de carbono, seria de aproximadamente R$ 0,0022. Dois caminhos inteiramente distintos chegam à mesma ordem de grandeza, o que sugere que o incentivo é simultaneamente suficiente para vencer a barreira financeira do embarcador e proporcional ao benefício ambiental gerado. Soma-se que o plano anual de aplicação de recursos do fundo para 2026 já contempla infraestrutura de transporte e que o próprio BNDES dispõe de metodologia de apuração de emissões evitadas, o que torna o resultado auditável por instrumento já existente. Afasta-se, como fonte principal, a vinculação a receitas de outorga decorrentes de prorrogações antecipadas e de novas concessões. Embora o volume seja largamente suficiente, tais receitas são de realização incerta quanto a prazo e montante, e sua destinação a despesa corrente é juridicamente controvertida, o que introduziria fragilidade desnecessária em um Programa cujo custo o orçamento ordinário absorve sem dificuldade.

Como referência internacional, o programa italiano opera com dotações anuais da ordem de dezenas de milhões de euros, valor muito superior ao aqui proposto. A diferença não decorre de subdimensionamento, mas de desenho. O *Ferrobonus* remunera o tráfego intermodal de modo geral, ao passo que o bônus de retorno incide apenas sobre carga incremental em sentido deficitário, com alíquota calibrada pela barreira que precisa vencer, e não pelo valor do benefício gerado. Caso se opte por remunerar integralmente a externalidade, em vez de apenas compensar a barreira financeira do embarcador, alíquota e custo fiscal cresceriam proporcionalmente.

9. Análise de riscos, barreiras e fatores críticos de sucesso

Quadro 7 – Matriz de riscos e mitigações

Risco ou barreira	Probabilidade	Impacto	Mitigação
Resistência das concessionárias à publicidade da capacidade ociosa	Alta	Alto	Fundamentar na obrigação regulamentar já vigente; preservar sigilo comercial publicando apenas dados agregados por trecho e sentido; prever fase de adaptação
Divergência metodológica na apuração de capacidade ociosa	Alta	Alto	Definir metodologia única na resolução, com auditoria independente e mecanismo de contestação
Captura do Bônus por carga que migraria de todo modo	Média	Alto	Exigência de volume incremental sobre linha de base própria; alíquota degressiva; avaliação de impacto na Fase II
Baixa adesão de embarcadores	Média	Médio	Piloto em corredor com viabilidade demonstrada; divulgação de resultados; registro público de qualificações
Migração de carga inadequada e frustração do embarcador	Média	Médio	Triagem obrigatória pelo Protocolo; embarque-teste como condição de elegibilidade
Ganho de frete anulado pelo custo de estoque	Média	Alto	Avaliação obrigatória de custo logístico total; Instrumento 5; indicador dedicado no monitoramento
Gargalo de terminal no destino	Média	Alto	Sequenciamento do Instrumento 4; seleção de piloto com terminal já instalado
Descontinuidade político-administrativa	Média	Alto	Ancoragem em instrumentos regulatórios de caráter permanente, menos suscetíveis a alternância, e não apenas em programa orçamentário

Quatro fatores críticos condicionam o êxito do Programa. O primeiro é a capacidade regulatória efetiva de apurar e fiscalizar capacidade ociosa, sem a qual o Instrumento 1 se torna declaratório. O segundo é a qualidade e a tempestividade dos dados, tanto para a operação do programa quanto para sua avaliação. O terceiro é a coordenação entre ANTT, Ministério dos Transportes e BNDES, dado que os instrumentos são interdependentes e a implementação parcial produz resultados desproporcionalmente inferiores. O quarto é a credibilidade do compromisso de temporariedade do bônus, sendo que, se o mercado antecipar que o incentivo será permanente, o ajuste estrutural que ele deveria induzir não ocorrerá.

10. Conclusão

O setor ferroviário brasileiro dispõe hoje de capacidade instalada que utiliza de forma incompleta. Parcela relevante dessa ociosidade tem natureza direcional: nos corredores de exportação, os trens retornam ao interior sem carga equivalente, consumindo slot, material rodante e tripulação sem gerar receita e sem retirar caminhão da rodovia. Essa é a capacidade mais barata de que o país dispõe, porque já foi construída e já está paga.

O trabalho mostrou, a partir de operação real em curso desde 2023, que a ocupação desse espaço com carga geral conteinerizada é viável, economicamente vantajosa e operacionalmente segura para classes identificáveis de produto. Mostrou também por que essa solução não se difundiu espontaneamente, pois cinco falhas de mercado, de naturezas distintas, impedem que uma operação socialmente vantajosa se torne privadamente replicável.

A proposta apresentada responde a cada uma delas. Seu elemento mais relevante do ponto de vista de exequibilidade é que a obrigação central de que depende a disponibilização de capacidade ociosa a usuários e a operadores multimodais, que já existe na regulamentação brasileira e apenas carece de procedimento que a torne efetiva. Não se trata de criar direito novo, mas de fazer funcionar um direito existente, o que reduz de modo expressivo o custo, o prazo e o risco político da implementação.

Três recomendações sintetizam o estudo. A primeira é regulatória e não custa recursos públicos, tornar pública, por trecho e por sentido, a capacidade ferroviária de retorno, com procedimento de acesso, prazo de resposta e preço de referência. A segunda é informacional e custa pouco: converter o conhecimento técnico de qualificação de carga, hoje privado e repetidamente refeito, em bem público registrado. A terceira é financeira e deve ser temporária e focalizada em custear a travessia do período de transição para os embarcadores que hoje não conseguem financiá-la, com extinção automática e avaliação de impacto.

A recomendação final é de sequência. Os instrumentos de custo baixo devem preceder os de custo elevado, não apenas por prudência fiscal, mas porque o incentivo financeiro aplicado antes da correção das falhas informacionais e procedimentais tende a ser capturado sem produzir o deslocamento modal que o justifica. Corrigida a informação e aberto o acesso, é possível que boa parte do resultado se realize com dispêndio público substancialmente menor do que o inicialmente previsto, o que, em si, seria o melhor resultado possível da política.

Referências

Legislação e atos normativos brasileiros

BRASIL. Lei nº 9.611, de 19 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre o Transporte Multimodal de Cargas e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 20 fev. 1998.

BRASIL. Decreto nº 3.411, de 12 de abril de 2000. Regulamenta a Lei nº 9.611, de 19 de fevereiro de 1998, que dispõe sobre o Transporte Multimodal de Cargas. Diário Oficial da União, Brasília, 13 abr. 2000.

BRASIL. Lei nº 14.273, de 23 de dezembro de 2021. Estabelece a Lei das Ferrovias. Diário Oficial da União, Brasília, 23 dez. 2021.

BRASIL. Decreto nº 11.245, de 21 de outubro de 2022. Regulamenta a Lei nº 14.273, de 23 de dezembro de 2021. Diário Oficial da União, Brasília, 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES. Resolução nº 2.502, de 19 de dezembro de 2007. Institui o Sistema de Acompanhamento e Fiscalização do Transporte Ferroviário – SAFF.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES. Resolução nº 3.695, de 14 de julho de 2011. Aprova o Regulamento das Operações de Direito de Passagem e Tráfego Mútuo do Subsistema Ferroviário Federal. Disponível em: https://anttlegis.antt.gov.br.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES. Resolução nº 3.696, de 14 de julho de 2011. Aprova o Regulamento para pactuar as metas de produção por trecho e as metas de segurança para as concessionárias de serviço público de transporte ferroviário de cargas. Redação do art. 9º dada pela Resolução nº 4.348, de 5 de junho de 2014. Disponível em: https://anttlegis.antt.gov.br.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES. Resolução nº 5.943, de 1º de junho de 2021. Dispõe sobre as operações de direito de passagem e tráfego mútuo. Redação parcial dada pela Resolução nº 5.990, de 2022. Disponível em: https://anttlegis.antt.gov.br.

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. Acórdão nº 1.667/2022 – Plenário. Auditoria sobre a utilização da capacidade da malha ferroviária federal. Brasília, 2022.

Bases de dados e publicações setoriais

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES. Anuário do Setor Ferroviário. Brasília: ANTT, [ano da edição consultada]. Disponível em: https://www.gov.br/antt/pt-br/assuntos/ferrovias/anuario-do-setor-ferroviario. Acesso em: 01/08/2026.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES. Sistema de Acompanhamento do Desempenho Operacional das Concessionárias – SIADE. Portal de Dados Abertos da ANTT. Disponível em: https://dados.antt.gov.br/dataset/sistema-de-acompanhamento-do-desempenho-operacional-das-concessionarias-siade. Acesso em: 31/08/2026.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTADORES FERROVIÁRIOS. Painel ANTF: séries históricas do setor ferroviário. Disponível em: https://www.antf.org.br. Acesso em: 01/07/2026.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Atlas de Infraestrutura Ferroviária. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/ferrovias/atlas-ferroviario. Acesso em: 20/07/2026.

ILOS (2025) Instituto de Logística e Supply Chain LTDA. Indicadores Logísticos – Ferroviário. Disponível em: https://ilos.com.br/publicacoes/indicadores-logisticos-ferroviario/ (acesso em 13/07/2025)

INFRA S.A. Observatório Nacional de Transporte e Logística. Boletim de Logística. Volume II: contêineres – utilização e contexto brasileiro. Brasília, 2023. Disponível em: https://www.infrasa.gov.br/ontl/publicacoes/boletins-de-logistica. Acesso em: 01/07/2025.

INFRA S.A. Observatório Nacional de Transporte e Logística. Panorama Transportes, [nº e data da edição consultada]. Disponível em: https://ontl.infrasa.gov.br/publicacoes/panorama-transportes. Acesso em: 10/07/2026.

INFRA S.A. Mapa interativo de ferrovias. Disponível em: https://geo.infrasa.gov.br. Acesso em: 01/06/2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades e Estados: Mato Grosso. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mt.html. Acesso em: 01/08/2026.

INSTITUTO DE LOGÍSTICA E SUPPLY CHAIN. Indicadores logísticos: ferroviário. 2025. Disponível em: https://ilos.com.br/publicacoes/indicadores-logisticos-ferroviario. Acesso em: 01/08/2025.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. Base georreferenciada da malha ferroviária nacional (GeoFT). Disponível em: https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/dados-de-transportes/bit. Acesso em: 01/08/2026.

Experiência internacional

ALEMANHA. Bundesministerium für Digitales und Verkehr. Richtlinie zur Förderung von Investitionen in Umschlaganlagen des Kombinierten Verkehrs, de 23 de novembro de 2022. Disponível em: https://www.bmv.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/umschlaganlagen-foerderrichtlinie.html. Acesso em: 01/08/2026.

ALEMANHA. Eisenbahn-Bundesamt. Kombinierter Verkehr: condições de concessão das subvenções e exigência de acesso não discriminatório. Disponível em: https://www.eba.bund.de/DE/Themen/Finanzierung/Kombinierter_Verkehr/kombinierter_verkehr_inhalt.html. Acesso em: 01/08/2025.

ITÁLIA. Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. Decreto interministeriale nº 134, de 30 de agosto de 2023. Ferrobonus 2023-2026. Disponível em: https://www.mit.gov.it/documentazione/ferrobonus. Acesso em: 01/08/2026.

ITÁLIA. Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. Ferrobonus: incentivo ao transporte intermodal ferroviário de mercadorias. Disponível em: https://www.mit.gov.it/connettere-litalia/ferrobonus. Acesso em: 01/08/2026.

RAM – LOGISTICA, INFRASTRUTTURE E TRASPORTI S.P.A. Ferrobonus 2023-2026: disciplina, beneficiários e critérios de cálculo do incentivo. Disponível em: https://www.ramspa.it/ferrobonus-2023-2026. Acesso em: 01/07/2026.

COMISSÃO EUROPEIA. Auxílio estatal SA.103856 – Regime italiano Ferrobonus. Decisão de dezembro de 2022.

Literatura

BALLOU, Ronald H. Gerenciamento da cadeia de suprimentos: logística empresarial. 5. ed. Tradução de Raul Rubenich. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BEHRENS, Kristian; PICARD, Pierre M. Transportation, freight rates, and economic geography. Journal of International Economics, v. 85, n. 2, p. 280-291, 2011.

DEMIREL, Erhan; VAN OMMEREN, Jos; RIETVELD, Piet. A matching model for the backhaul problem. Transportation Research Part B: Methodological, v. 44, n. 4, p. 549-561, maio 2010.

FLEURY, Paulo Fernando; WANKE, Peter; FIGUEIREDO, Kleber Fossati (org.). Logística empresarial: a perspectiva brasileira. São Paulo: Atlas, 2000. (Coleção COPPEAD de Administração).

JONKEREN, Olaf et al. Endogenous transport prices and trade imbalances: evidence from inland waterway transport in northwest Europe. 2008.

NOVAES, Antonio Galvão. Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

PIGOU, Arthur Cecil; TAUSSIG, Frank William. Railway rates and joint costs. The Quarterly Journal of Economics, v. 27, n. 3 e n. 4, 1913.

RIETVELD, Piet; ROSON, Roberto. Direction dependent prices in public transport: a good idea? The back haul pricing problem for a monopolistic public transport firm. Transportation, v. 29, n. 4, p. 397-417, nov. 2002.

TAKAHASHI, Takaaki. Directional imbalance in transport prices and economic geography. Journal of Urban Economics, v. 69, n. 1, p. 92-102, jan. 2011.

WILLIAMSON, Oliver E. Peak-load pricing and optimal capacity under indivisibility constraints. The American Economic Review, v. 56, n. 4, p. 810-827, 1966.

WONG, Woan Foong. The round trip effect: endogenous transport costs and international trade. American Economic Journal: Applied Economics, v. 14, n. 4, p. 127-166, 2022.

ANEXO A — ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DO LIMIAR DE VALOR DA MERCADORIA

A Seção 7.2 demonstrou que o custo financeiro do estoque adicional em trânsito, decorrente do alongamento do prazo de abastecimento na migração modal, é pequeno em relação à economia de frete obtida. A partir da igualdade entre as duas grandezas, obtém-se o valor de mercadoria acima do qual a vantagem econômica da migração se anula:

$$p^* = d \times (\varphi r - \varphi f) \times 365 \div (i \times \Delta t)$$

em que p* é o limiar de valor da mercadoria, d é a distância do percurso em quilômetros, φr e φf são os fretes médios por tonelada-quilômetro útil nos modais rodoviário e ferroviário, i é o custo anual do capital do embarcador e Δt é o acréscimo de prazo em dias. O quadro a seguir apresenta o limiar, em reais por quilograma, para combinações de distância e custo de capital, mantido o acréscimo de dez dias observado na operação analisada e o diferencial de frete de R$ 0,13 por tonelada-quilômetro útil.

Quadro A.1 — Limiar de valor da mercadoria (R$/kg), por distância e custo de capital

Distância (km)	8% a.a.	11% a.a.	14% a.a.	17% a.a.	20% a.a.	25% a.a.
500	29,66	21,57	16,95	13,96	11,86	9,49
750	44,48	32,35	25,42	20,93	17,79	14,23
1.000	59,31	43,14	33,89	27,91	23,73	18,98
1.250	74,14	53,92	42,37	34,89	29,66	23,73
1.500	88,97	64,70	50,84	41,87	35,59	28,47
2.000	118,62	86,27	67,79	55,82	47,45	37,96
2.500	148,28	107,84	84,73	69,78	59,31	47,45

Leitura dos resultados

O limiar cresce proporcionalmente à distância e inversamente ao custo do capital. Em percursos longos e sob custo de capital corrente, ele assume valores muito elevados, o que significa que praticamente toda a carga geral transportada nessas rotas permanece economicamente vantajosa na ferrovia, mesmo com o acréscimo de prazo. A 1.500 quilômetros e a 14% ao ano, o limiar supera R$ 50 por quilograma, patamar acima do valor unitário da esmagadora maioria dos bens de consumo e produtos industrializados de consumo corrente.

Em percursos curtos, a conclusão se inverte com rapidez. A 500 quilômetros, o limiar cai para menos de um terço do valor verificado a 1.500 quilômetros, porque a economia de frete decresce proporcionalmente à distância enquanto o custo do estoque adicional permanece constante. Isso delimita com precisão o campo de aplicação da política proposta: corredores longos, que são justamente aqueles em que o desequilíbrio direcional brasileiro se manifesta com maior intensidade.

O efeito do custo do capital é igualmente relevante e reforça a focalização do Instrumento 5. Elevando-se a taxa de 8% para 25% ao ano, o limiar reduz-se a menos de um terço. Como o custo de capital é sistematicamente maior para empresas de menor porte, a mesma operação pode ser vantajosa para um grande embarcador e marginal para um embarcador médio na mesma rota, com o mesmo produto. A barreira não é logística, mas financeira, e incide de forma desigual conforme o acesso ao crédito.

Ressalvas

O cálculo capta exclusivamente o custo financeiro de carregamento do estoque adicional. Não incorpora a necessidade de estoque de segurança maior diante da variabilidade de demanda, o risco de obsolescência, os efeitos de sazonalidade nem eventual perda de nível de serviço ao cliente final. Para produtos com essas características, o limiar efetivo é inferior ao aqui calculado. O quadro deve ser lido, portanto, como delimitação do campo em que a migração é economicamente defensável, e não como critério suficiente de decisão para um embarcador individual.

ANEXO B — MEMÓRIA DE CÁLCULO DOS CENÁRIOS DE IMPACTO

.B.1. Premissas adotadas

Parâmetro	Valor	Origem
Movimentação ferroviária nacional de contêineres, 2024	6.328 mil t	ONTL/Infra S.A., a partir de dados da ANTT
Participação do corredor no fluxo conteinerizado nacional	25%	Premissa. O corredor é reconhecido como o principal fluxo conteinerizado do país
Fator de utilização técnica do retorno (u)	60%	Premissa conservadora. Desconta compatibilidade de equipamento, janela operacional e distribuição temporal dos fluxos
Distância do corredor (d)	1500 km	Premissa, a confirmar na malha
Frete rodoviário (φr)	R$ 0,51/TKU	ONTL/Infra S.A., carga conteinerizada
Frete ferroviário (φf)	R$ 0,38/TKU	ONTL/Infra S.A., carga conteinerizada
Carga útil por veículo rodoviário (k)	27 t	Premissa, configuração predominante
Emissão rodoviária (εr)	52,77 gCO_2e/TKU	Calculadora de emissões do ONTL
Emissão ferroviária (εf)	8,80 gCO_2e/TKU	Derivada da razão de seis para um em relação ao modal rodoviário
Alíquota do Bônus (β)	R$ 0,0026/TKU	Calibrada na Seção 7.2

B.2. Capacidade de retorno utilizável

Todo contêiner que desce ao porto ocupa um vagão-plataforma que retorna ao interior. O volume movimentado no sentido dominante é, portanto, a medida direta do número de posições de vagão-plataforma disponíveis no sentido de retorno, o que dispensa estimar separadamente a frota e a rotatividade. Aplicando a participação do corredor à movimentação nacional:

$$\textbf{Volume no sentido dominante} = 6.328 \text{ mil t} \times 25\% = \textbf{1.582 mil t/ano}$$

Nem toda essa posição é aproveitável. Aplica-se o fator de utilização técnica:

$$C = 1.582 \text{ mil t} \times 60\% = \textbf{949 mil t/ano}$$

B.3. Cálculo por cenário

Etapa	Conservador	Intermediário	Expansivo
Taxa de captura (τ)	10%	25%	40%
$Q = C \times \tau$ (mil t/ano)	94,9	237,3	379,7
$E = Q \times d \times (\varphi r - \varphi f)$ (R$ mi/ano)	18,5	46,3	74,0
$N = Q \div k$ (mil viagens/ano)	3,5	8,8	14,1
$G = Q \times d \times (\varepsilon r - \varepsilon f)$ (mil t CO_2e/ano)	6,3	15,7	25,0
$F = \beta \times Q \times d$ (R$ mi/ano)	0,37	0,93	1,48
$F \div Q$ (R$/t transferida)	R$ 3,90	R$ 3,90	R$ 3,90
$E \div F$ (retorno por real gasto)	50x	50x	50x

B.4. Observações sobre os resultados

O custo fiscal por tonelada transferida é de R$ 3,90 e permanece constante nos três cenários, assim como a relação entre economia logística e dispêndio público, de 50 para um. Isso ocorre porque ambas as grandezas crescem proporcionalmente à carga migrada, de modo que a razão depende apenas do diferencial de frete e da alíquota do Bônus. A propriedade é relevante para a defesa da política: sua eficiência não depende de acerto na previsão da taxa de captura, que é o parâmetro de maior incerteza.

O custo fiscal acumulado em cinco anos no cenário intermediário alcança R$ 4,6 milhões. Adotado o intervalo de custo de implantação discutido na Seção 4.6, esse montante equivale a algo entre 0,2 e 0,5 quilômetros de ferrovia nova.

B.5. Limitações

As premissas de participação do corredor e de fator de utilização técnica são as de maior incerteza e determinam proporcionalmente todos os resultados. O fator de emissão ferroviário foi derivado de

razão setorial e não de medição direta no corredor. A estimativa de viagens rodoviárias evitadas pressupõe substituição integral, desconsiderando o trecho rodoviário de ponta que permanece necessário na coleta e na distribuição, e, portanto, superestima a redução efetiva de tráfego. A economia logística é bruta, não descontando custos de transbordo, terminalização e estoque adicional, tratados separadamente na Seção 7.2.