BNDES | Prêmio BNDES Ferrovias

Trabalhos premiados

DA DEMANDA REPRIMIDA À CAPACIDADE EFETIVA: PROPOSTA DE POLÍTICA PÚBLICA DE FOMENTO À ATIVAÇÃO DE CORREDORES FERROVIÁRIOS SUBUTILIZADOS

Fábio Takayama Garrafoli
Cesar Massao Tamaru
Fábio Tadeu de Oliveira Marcondes



Rio de Janeiro, 2026

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

DA DEMANDA REPRIMIDA À CAPACIDADE EFETIVA: PROPOSTA DE POLÍTICA PÚBLICA DE FOMENTO À ATIVAÇÃO DE CORREDORES FERROVIÁRIOS SUBUTILIZADOS

Fábio Takayama Garrafoli

Cesar Massao Tamaru

Fábio Tadeu de Oliveira Marcondes

Resumo

O Plano Nacional de Logística 2050 (PNL 2050) identifica 44,16 milhões de toneladas anuais de cargas de exportação transportadas por rodovia em fluxos associados a alternativas ferroviárias subutilizadas. O dado revela um universo relevante de investigação, parte do qual pode apresentar potencial de migração modal, condicionado à verificação de captabilidade, capacidade e adicionalidade. Este artigo propõe um mecanismo de estruturação de intervenções públicas para converter demanda potencial em carga ferroviária incremental, delimitado a corredores existentes ou subutilizados. O método simplifica a decisão em três filtros: existência de carga captável; identificação do gargalo de capacidade de ponta a ponta; e demonstração de adicionalidade pública. Para cada fluxo elegível, compara-se um cenário sem intervenção adicional com alternativas de otimização da infraestrutura e operação existentes e, somente quando necessário, de expansão física. A capacidade do corredor é tratada como a menor capacidade entre seus componentes (origem, terminal, linha, transbordo, acesso portuário ou destino), evitando investimentos que apenas desloquem o gargalo. A aplicação exploratória à Malha Sul, à integração FNS–EFC e à Malha Paulista–Santos ilustra três hipóteses de intervenção a verificar: otimização e recuperação antes de expansão; solução de restrições de acesso antes de nova capacidade física; e avaliação do corredor completo antes de investimentos localizados. A proposta é complementada por governança interinstitucional, teste de *funding gap* e indicadores concentrados em capacidade, carga incremental e custo público por resultado. A contribuição original está em conectar o diagnóstico de demanda reprimida do PNL 2050 a uma decisão comparativa e verificável sobre onde a intervenção pública altera efetivamente a matriz logística.

Palavras-chave: ferrovia de cargas; capacidade; demanda reprimida; otimização; expansão; adicionalidade; migração modal; política pública.

1. Introdução

O desenvolvimento do transporte ferroviário costuma ser associado a três dimensões: à construção de novos trechos (empreendimentos *greenfield*), ao aumento da extensão e da capacidade da rede e ao crescimento da participação modal na matriz de transportes. O Plano Nacional de Logística 2050 (PNL 2050) evidencia um problema relacionado diretamente à terceira dimensão: cargas com características potencialmente compatíveis com o modo ferroviário permanecem nas rodovias mesmo em fluxos nos quais há alternativa ferroviária teoricamente disponível. No cenário-base de 2023, a tabela de exemplos do problema abrangente nº 7 - "Subutilização do modo ferroviário" - reúne 44.155.252 toneladas anuais de cargas de exportação transportadas por rodovia em fluxos associados diretamente a alternativas ferroviárias subutilizadas. (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2026a, p. 264).

Tabela 1 – Análise dos fluxos de transporte no cenário-base (2023) a partir dos problemas específicos do transporte de cargas para exportação listados no PNL 2050

Carga	Trajeto rodoviário utilizado atualmente	Volume transportado pelo trajeto rodoviário (t)	Ferrovia alternativa subutilizada existente na rota	ID do problema específico
Bens industrializados e siderúrgicos produzidos em São Paulo e Minas Gerais para exportação	SP-310/SP-330/Anchieta	1.970.051	Malha Paulista	10
	BR-040/MG/RJ	4.321.847	MRS	
Açúcar produzido em São Paulo, Minas Gerais e Paraná para exportação	SP-310/SP-330/Anchieta	3.062.071	Malha Paulista	12
	SP-330/Anchieta	993.889	FCA	
	BR-376/PR	975.595	Malha Sul	
Milho, soja e farelo de soja produzidos em Goiás para exportação	BR-153/GO/SP-330/Anchieta	3.997.783	Rumo FNS/Malha Paulista/FCA	4
Soja e milho produzidos no Mato Grosso do Sul para exportação	BR-163/MS/BR-376/PR	2.501.461	Malha Sul	5
Milho, soja e farelo de soja produzidos na Região Sul para exportação	BR-376/PR	3.065.156	Malha Sul	3
	BR-277/PR	4.621.084	Malha Sul	
	BR-392/BR-471/RS	10.134.148	Malha Sul	
Milho e soja produzidos no MATOPIBA para exportação	BR-230/BR-135/MA	2.467.898	FNS/EFC	6
	BR-010/BR-222/BR-135/MA	1.816.555	FNS/EFC	
Milho e soja produzidos em Minas Gerais para exportação	SP-330/Anchieta	984.996	FCA	7
Carnes produzidas na Região Sul para exportação	BR-277/PR	1.794.500	Malha Sul	17
	BR-392/BR-471/RS	118.249	Malha Sul	
Milho e soja produzidos no Pará para exportação	BR-010/PA/Barcarena	697.077	EFC	8
	BR-222/BR-135/PA/MA	632.892	EFC	
Total		**44.155.252**		

Fonte: Ministério dos Transportes (2026a, p. 264). Nota: a tabela reúne exemplos do cenário-base de 2023, provenientes do modelo de simulação do PNL 2050. O total não representa toda a demanda ferroviária reprimida, nem estimativa de carga captável ou de migração modal.

Destaca-se que o valor da tonelagem não representa carga automaticamente transferível, ou seja, de migração modal para os trilhos. A identificação da existência de uma linha ou terminal ferroviário próximo não informa se há *slots* (janelas operacionais), capacidade de circulação, disponibilidade portuária ou de pátios, acesso comercial, interoperabilidade ou serviço competitivo (custo generalizado atrativo). Por isso, o problema decisório relevante não é simplesmente localizar fluxos rodoviários

próximos às ferrovias existentes, mas determinar qual parcela é captável, onde está o gargalo vinculante do corredor e qual intervenção altera o resultado em relação ao cenário sem ação política.

Este artigo delimita uma proposta de política pública voltada a corredores ferroviários existentes, subutilizados, ociosos ou parcialmente desativados nos quais o PNL 2050 identificou fluxos logísticos rodoviários relacionados. Os casos exploratórios concentram-se em grãos porque o Plano oferece evidências particularmente claras para esses fluxos. A proposta incide diretamente sobre os desafios de saturação e restrições de capacidade, interoperabilidade entre malhas e acesso/participação de operadores independentes; carga geral e conteinerizada permanece como campo possível de aplicação, mas não é pressuposto dos casos analisados (BNDES, 2026). O objetivo não é priorizar toda a rede, mas decidir, em corredores concretos, se o resultado pode ser obtido por otimização operacional, regulatória ou localizada, se exige expansão física, ou se não justifica intervenção pública adicional.

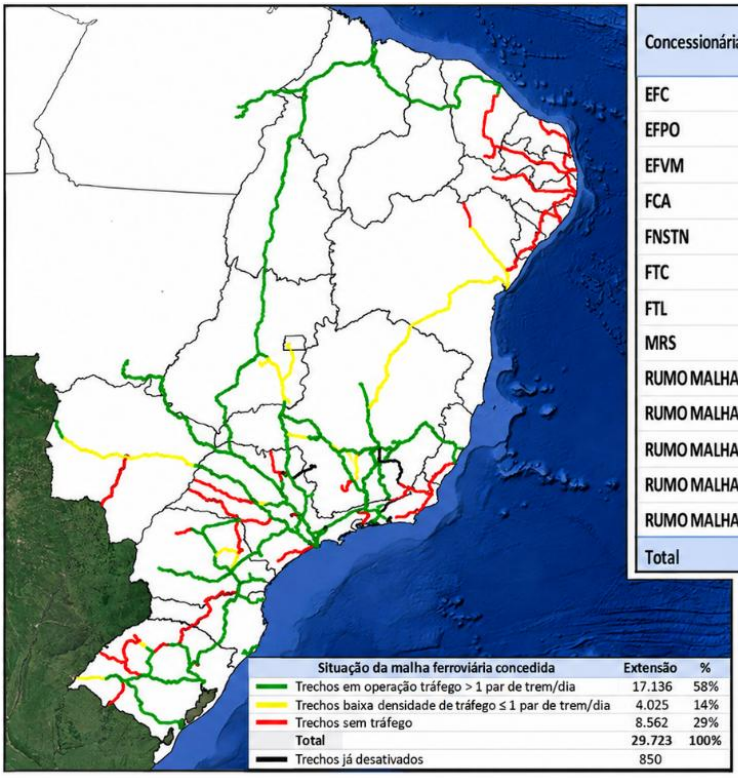
A pergunta de pesquisa é: como selecionar intervenções públicas capazes de migrar cargas hoje transportadas por rodovia para os trilhos, distinguindo situações em que a otimização da infraestrutura existente é suficiente daquelas em que a expansão física é necessária?

1.1 Contribuição original e delimitação

A contribuição original não está em identificar a subutilização ferroviária, já realizada pelo PNL 2050 (ver Figura 1), nem em utilizar isoladamente análise de capacidade, avaliação econômico-financeira ou financiamento público. O avanço proposto é integrar três perguntas em uma sequência decisória verificável: existe carga captável? qual é o gargalo de capacidade de ponta a ponta? e quanto do resultado depende efetivamente de intervenção pública? Essa integração transforma o diagnóstico do PNL 2050 em uma regra de estruturação que compara contrafactual, otimização e expansão antes de escolher o instrumento público.

fluxo logístico rodoviário → carga captável → gargalo ponta a ponta → otimização *versus* expansão → adicionalidade pública → instrumento → carga incremental

Figura 1 – Subutilização do modo ferroviário



Concessionária	Uso da malha ferroviária (km)			Total	Desativado
	> 1 trem/dia	≤ 1 trem/dia	Sem Tráfego		
EFC	997	0	0	997	0
EFPO	248	0	0	248	0
EFVM	872	0	0	872	16
FCA	2.591	2.779	1.743	7.113	811
FNSTN	745	0	0	745	0
FTC	162	0	0	162	0
FTL	1.331	0	2.964	4.295	0
MRS	1.743	0	14	1.757	23
RUMO MALHA CENTRAL	1.543	0	0	1.543	0
RUMO MALHA NORTE	735	0	0	735	0
RUMO MALHA OESTE	865	781	326	1.973	0
RUMO MALHA PAULISTA	1.180	37	844	2.061	0
RUMO MALHA SUL	4.125	428	2.670	7.223	0
Total	17.136	4.025	8.562	29.723	850
	57%	14%	29%		

Fonte: Declaração de Rede

Fonte: Ministério dos Transportes (2026a).

A mudança de unidade de decisão é central. Em vez de começar por uma obra, o método começa pelo resultado logístico pretendido. Em vez de presumir que maior capacidade nominal gera maior transporte, verifica se a capacidade criada é utilizável ao longo de todo o corredor. E, em vez de associar automaticamente benefício social a financiamento público, compara o resultado com e sem intervenção para identificar a parcela efetivamente adicional.

Tabela 2 - Universo inicial de fluxos rodoviários associados a alternativas ferroviárias subutilizadas no PNL 2050

Grupo	Alternativa indicada	Volume (Mt/ano)	Uso no artigo
Grãos Região Sul	Malha Sul	17,82	Caso de otimização/recuperação
Grãos MS	Malha Sul	2,50	Evidência complementar
Açúcar SP/MG/PR	Malha Paulista/FCA/Malha Sul	5,03	Universo nacional
Grãos Goiás	FNS/Malha Paulista/FCA	4,00	Pressão sobre corredor a Santos
MATOPIBA + Pará	FNS/EFC	5,61	Caso de acesso/interoperabilidade
Industrializados / siderúrgicos SP+MG	Malha Paulista/MRS	6,29	Universo nacional
Carnes Sul	Malha Sul	1,91	Evidência complementar
Outros	Diversas	1,00	Demais exemplos do PNL 2050
Total		44,16	Universo de investigação, não carga captável

Fonte: elaboração própria a partir do PNL 2050 (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2026a, p. 264). Nota: são exemplos de fluxos do cenário-base de 2023 extraídos do modelo do PNL 2050 e reorganizados para fins analíticos. Não representam toda a demanda ferroviária reprimida, nem estimativa de carga captável ou de migração modal (valores arredondados).

2. Do acesso físico à capacidade ferroviária efetiva

Para fins da proposta, demanda potencial é a carga cujas características sugerem vocação logística ferroviária; demanda captável é a parcela que pode ser atendida competitivamente por uma alternativa tecnicamente estruturável; e carga incremental é a parcela que efetivamente passa a utilizar a ferrovia em razão da intervenção realizada. A política pública deve evitar confundir esses três níveis de mensuração logística.

O mesmo princípio vale para capacidade. Um corredor logístico é uma cadeia porta a porta composta por nós e vetores como origem (ponto de produção) e carregamento, terminais, linha principal (tronco da rota), pátios, transferências, acessos metropolitanos ou portuários, *last mile* e descarga/entrega no destino (ponto de consumo ou de exportação). A capacidade útil do sistema é limitada pelo componente mais restritivo. De forma simplificada:

C_corredor = min(C_origem, C_terminal, C_linha, C_transferência, C_acesso, C_destino)

A expressão C_corredor = min(C_i) é uma simplificação útil para triagem quando o corredor pode ser representado como cadeia em série, os componentes são medidos em unidades comparáveis e a operação entre eles é compatível. Nessas condições, o menor componente aproxima o gargalo vinculante. Em redes com rotas alternativas, fluxos concorrentes, estoques intermediários, janelas não coincidentes ou capacidades expressas em bases distintas, o mínimo isolado deve ser tratado apenas como limite superior preliminar e complementado por modelagem operacional. O diagnóstico deve incluir não apenas via, pátios, terminais e acessos, mas também locomotivas, vagões, equipes,

sinalização, manutenção e disponibilidade de janelas. A consequência prática permanece: ampliar um trecho não vinculante pode elevar a capacidade nominal local sem aumentar a carga transportável de ponta a ponta.

Essa cautela é consistente com a literatura de capacidade ferroviária. Abril et al. (2008) definem capacidade como a aptidão para movimentar determinado tráfego em uma linha, com um conjunto de recursos e um plano de serviço específicos, e distinguem capacidade teórica, prática, utilizada e disponível. A capacidade prática incorpora a mistura real de trens, prioridades, concentração temporal e nível de confiabilidade, enquanto a capacidade disponível corresponde à parcela prática ainda utilizável para tráfego adicional. Os autores também mostram que infraestrutura, sinalização, velocidade, heterogeneidade dos trens, cruzamentos, manutenção e robustez do horário alteram a capacidade e que um gargalo pode estar em estações ou em interações de rede, não necessariamente no trecho de via mais visível (ABRIL et al., 2008). Para este artigo, isso reforça que C_corredor é um instrumento de triagem e que a passagem de A1 para A2 deve ser precedida por análise operacional compatível com o nível de decisão.

O PNL 2050 fornece exemplos compatíveis com essa leitura: Para grãos, a Região Sul registra distância média de 577 km, somente 19% das toneladas fora da área de influência ferroviária e participação rodoviária de 88% do TKU no indicador apresentado para o problema. Em Goiás, a distância média chega a 1.046 km, com 61% do TKU rodoviário, 35% ferroviário e gargalos no acesso a Santos. Esses dados justificam investigação, mas não substituem a medição da capacidade efetiva e do custo porta a porta. (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2026a).

Tabela 3 - Capacidade ponta a ponta: componentes mínimos de avaliação

Componente	Pergunta	Indicador mínimo
Origem/carregamento	Há escala, equipamento e janela operacional para formar o trem?	t/h, lote mínimo, sazonalidade
Terminal	O terminal absorve o volume adicional?	t/ano, utilização, fila, armazenagem
Linha/pátios/recursos	Há *slots*, material rodante, equipes e desempenho para trens adicionais?	trens/dia, velocidade, frota, equipes, *headway*, restrições
Interoperabilidade	A passagem entre malhas é operacional e comercialmente viável?	tempo, custo, direito de passagem
Acesso portuário/destino	O destino recebe a carga sem gerar nova fila?	janela, ocupação, tempo de espera
Corredor completo	Qual componente determina a capacidade efetiva?	min(C_i) e capacidade incremental

Fonte: elaboração própria.

3. Evidências do PNL 2050 e problema de política pública

As evidências do PNL 2050 indicam que subutilização ferroviária pode resultar de restrições físicas, operacionais, comerciais e/ou institucionais. Para a Malha Sul, o Plano registra baixa capacidade efetiva e trechos em abandono em meio a grandes volumes rodoviários associados à rede. Já para a integração FNS-EFC, a composição da carga e os relatos de direito de passagem sugerem que acesso e interoperabilidade devem ser investigados antes de se presumir necessidade de expansão. Enquanto na Malha Paulista-Santos, aparecem simultaneamente pressão de demanda, restrições de corredor e interface portuária. (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2026a).

Na EFC, dados de 2025 apresentados pelo Plano mostram 92,4% do volume em minério de ferro e 6,1% em granéis agrícolas, equivalentes a 11,5 milhões de toneladas. Além disso, o Plano relaciona aproximadamente 5,6 milhões de toneladas anuais de soja e milho do MATOPIBA e Pará a trajetos rodoviários potencialmente vinculados à integração FNS-EFC. (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2026a).

Já no sistema Malha Paulista-Santos, o PNL 2050 associa cerca de 4,0 milhões de toneladas anuais de grãos de Goiás à alternativa FNS/Malha Paulista/FCA e registra gargalos ferroviários até Santos. A produção de grãos de Goiás passa de 17,01 milhões de toneladas em 2023 para 32,03 milhões em 2050, crescimento de aproximadamente 15,02 milhões de toneladas. A questão não é apenas transferir carga atual da rodovia, mas evitar que parte relevante do crescimento futuro seja absorvida por corredores rodoviários já pressionados. (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2026a).

A consequência para a política é que o mesmo sintoma (cargas de vocação ferroviária nas rodovias) não determina automaticamente o mesmo instrumento de fomento: uma obra pode ser apropriada quando a restrição vinculante é física; tende a ser ineficaz quando a restrição é de acesso; e pode ser superdimensionada quando medidas operacionais, regulatórias e intervenções localizadas liberam capacidade suficiente para a carga captável validada.

Essa agenda ganhou densidade regulatória adicional em 2026. Além do modelo de chamamento público apresentado pelo Ministério dos Transportes para reativação de trechos ociosos e implantação de terminais logísticos, a Resolução ANTT nº 6.088, de 27 de agosto de 2026, aprovou o Regulamento de Outorgas Ferroviárias (ROF 1), aplicável às concessões e autorizações sob competência da Agência e com entrada em vigor em 5 de outubro de 2026 (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2026b; ANTT, 2026a). O novo regulamento não substitui a análise proposta neste artigo; ao contrário, cria pontos concretos de conexão entre diagnóstico logístico, estruturação regulatória e decisão de investimento.

3.1 Encaixe regulatório da proposta no ROF 1

A Lei nº 14.273/2021 fornece a base legal mais geral do eixo acesso-interoperabilidade: entre os princípios da política setorial estão a integração da infraestrutura ferroviária, a compatibilidade de padrões técnicos e a defesa da concorrência (art. 4º); nos contratos de autorização, capacidade de transporte e condições técnico-operacionais de interconexão e compartilhamento são cláusulas essenciais (art. 29); e o compartilhamento da infraestrutura deve observar as garantias de capacidade e as condições de acesso previstas no art. 41 (BRASIL, 2021). O ROF 1 detalha parte dessa disciplina, mas sua incidência contratual deve ser delimitada.

Primeiramente, pelo art. 4º, aplica-se às concessões celebradas após sua vigência, às aditadas com anuência expressa e, nos contratos anteriores, quando houver remissão genérica à regulamentação da ANTT ou ausência de disposição contratual em sentido diverso, observadas as diretrizes do art. 16. Pelo art. 5º, aplica-se às autorizações celebradas após a vigência e às aditadas para adequação. O art. 16 preserva a disciplina contratual expressa e prevê aplicação subsidiária da regulamentação da ANTT em caso de omissão ou insuficiência. Eventual reequilíbrio depende da disciplina contratual, da alocação de riscos e da legislação aplicável, não decorrendo automaticamente de retorno privado insuficiente (ANTT, 2026a).

Segundo, o regulamento admite modelos vertical, aberto (*open access*) e compartilhado, definindo interoperabilidade como a possibilidade de circulação segura e contínua entre diferentes malhas e operadores. Para o Filtro 2, portanto, capacidade efetiva deve incorporar não apenas infraestrutura e operação, mas a parcela de capacidade acessível a terceiros e as condições de compartilhamento. Nos contratos de autorização oriundos de chamamento, o ROF 1 prevê regras para compartilhamento da malha e dos recursos operacionais com terceiros (ANTT, 2026a).

Terceiro, o chamamento público pode abranger ferrovias não implantadas, trechos ociosos de concessões vigentes e trechos desativados, devolvidos ou em processo de devolução. Para fins do regulamento, a ociosidade inclui bens reversíveis não explorados, ausência de tráfego comercial por mais de dois anos ou descumprimento de metas ou indicadores por mais de dois anos, equiparando-se à ausência de tráfego a circulação de até dois trens por semestre. Nos casos de trechos ociosos ou desativados, a autorização é precedida de cisão do trecho do contrato de concessão. Esses critérios oferecem um gatilho regulatório objetivo para parte do universo que o artigo denomina infraestrutura ociosa ou subutilizada, embora não substituam a demonstração de carga captável (ANTT, 2026a).

Quarto, o ROF 1 aproxima a estruturação de autorizações da lógica proposta neste artigo: o requerimento deve conter configuração logística, cronograma de implantação ou recapacitação e Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental (EVTEA) com estudos de mercado, engenharia, capacidade, viabilidade financeira, impactos socioeconômicos e riscos. O *framework* pode funcionar como triagem anterior a esse aprofundamento. O EVTEA simplificado, contudo, não decorre apenas do menor porte ou do aproveitamento de infraestrutura existente: o art. 35 exige cumulativamente que o empreendimento não configure novo corredor estruturante de grande extensão, não envolva interconexão operacional complexa com múltiplas malhas ou pátios estratégicos, não apresente potencial impacto concorrencial relevante e não esteja em área de elevada sensibilidade socioambiental. Fora dessas condições, ou diante de elevada complexidade, aplica-se o EVTEA completo (ANTT, 2026a).

4. *Benchmarking* e princípios de desenho

O *benchmarking* internacional é utilizado como referência de mecanismo e critério decisório, e não como modelo jurídico a ser transplantado. No Reino Unido, o Mode Shift Revenue Support (MSRS) combina necessidade financeira frente à alternativa rodoviária, benefícios ambientais e avaliação de V*alue for Money* (VfM); a orientação atualizada registra a continuidade do esquema até março de 2027 (UNITED KINGDOM, 2026a; 2026b). Nos Estados Unidos, o Consolidated Rail Infrastructure and Safety Improvements (CRISI) admite, entre outros, projetos de capacidade, melhorias em *short lines* e conexões multimodais, oferecendo referência para estruturação competitiva de intervenções mensuráveis (UNITED STATES, 2026). Na União Europeia, o Regulamento (UE) 2026/562 disciplina categorias de apoio ao transporte ferroviário e multimodal, inclusive instalações de serviço e terminais, sob condições de compatibilidade e proporcionalidade (EUROPEAN COMMISSION, 2026). Em comum, essas experiências vinculam o instrumento público a resultado demonstrável, elegibilidade e justificativa econômica, e não à obra como fim em si mesma.

Duas referências de reativação complementam esses instrumentos. O estudo do Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung (DZSF), publicado em 2023 como Forschungsbericht 32 (2022), mostra que a reativação exige medidas de acompanhamento articuladas ao processo de estruturação e registra, para o contexto alemão analisado, lacuna de apoio a reativações exclusivamente destinadas a cargas; também destaca a mobilização de empresas geradoras de carga e sua possível participação no projeto. A experiência reforça o teste de adicionalidade: infraestrutura recuperável e carga potencial não bastam se barreiras institucionais ou econômico-financeiras impedirem a ativação (BERTHOLD et al., 2023). Já a avaliação da Dartmoor Line, reaberta para passageiros no Reino Unido, não é adotada como *benchmark* direto de carga, mas como referência metodológica: utiliza modelo lógico/teoria da mudança, compara demanda e custos previstos com resultados observados e avalia custo-efetividade e entrega. O projeto também foi implantado em estágios de capacidade, incluindo etapa específica para habilitar serviços de carga (UNITED KINGDOM, 2025).

Dessas experiências derivam-se cinco princípios: adicionalidade, proporcionalidade, neutralidade quanto ao tipo de intervenção, avaliação por resultado e consideração das condições de acesso. García-Ródenas et al. (2025) acrescentam que preços e condições de acesso podem alterar a competitividade modal; assim, antes de expandir fisicamente, deve-se testar se capacidade existente pode ser ativada por medidas operacionais, regulatórias ou econômicas. O princípio comum é selecionar o pacote proporcional e suficiente para converter capacidade efetiva em carga ferroviária adicional, sem confundir menor desembolso inicial com maior benefício líquido.

Broman, Eliasson e Aronsson (2022) reforçam esse ponto por outra via: em redes com acesso aberto e capacidade escassa, a questão não é apenas quanto de capacidade física existe, mas como ela é alocada entre operadores e tipos de tráfego. Os autores mostram que regras administrativas simples podem produzir alocações socialmente ineficientes e discutem mecanismos baseados em análise custo-benefício, disposição a pagar e precificação dinâmica. Para o *framework* deste artigo, a implicação não é importar leilões de *slots* para o regime brasileiro, mas reconhecer que acesso e alocação podem constituir restrições de capacidade comercialmente disponível. Além disso, preços e manifestações de

disposição a pagar podem gerar informação sobre onde a escassez é efetiva e onde melhorias de capacidade têm maior valor, desde que acompanhadas de salvaguardas concorrenciais (BROMAN; ELIASSON; ARONSSON, 2022).

5. Método simplificado de seleção e estruturação

5.1 Filtro 1 - existe carga ferroviária captável?

O primeiro filtro verifica se há base suficiente para estruturar uma alternativa ferroviária competitiva. Em vez de um conjunto amplo de *gates*, propõem-se três resultados: elegível, diligenciar ou não elegível. A análise deve combinar volume e regularidade da carga, OD (origem-destino), distância, sazonalidade, requisitos de lote e terminal, alternativa ferroviária plausível, custo generalizado porta a porta e evidências de interesse de mercado. Como referência metodológica para operacionalizar a captabilidade, devem ser consideradas entrevistas e pesquisas de preferência declarada junto aos produtores, embarcadores e/ou transportadores na migração modal, contemplando atributos como custo, tempo, confiabilidade, segurança e capacidade/frequência. Esses instrumentos permitem identificar os fatores que influenciam a decisão modal e subsidiar a estimativa do potencial de migração para o transporte ferroviário. Os resultados obtidos devem ser avaliados de forma específica para cada corredor, não sendo recomendada a adoção automática de taxas de migração ou parâmetros de captabilidade provenientes de outros estudos.

5.2 Filtro 2 - qual é o gargalo vinculante de ponta a ponta?

Para fluxos elegíveis, constrói-se o mapa de capacidade do corredor e identifica-se o menor C_i. A investigação deve separar capacidade nominal, capacidade operacional e capacidade comercialmente disponível. A primeira descreve a infraestrutura; a segunda incorpora restrições reais de operação; a terceira considera o que pode efetivamente ser contratado pelo fluxo analisado. Para concessões alcançadas pelo ROF 1, a análise deve confrontar a capacidade observada com a capacidade de transporte contratual, o nível de saturação e o plano de investimentos associado. Para autorizações, devem ser verificadas as regras de compartilhamento e a compatibilidade operacional com a malha conexa (ANTT, 2026a).

5.3 Filtro 3 - o resultado depende da intervenção pública?

O terceiro filtro constrói o contrafactual. Seja Q_sem a carga ferroviária esperada no horizonte de análise sem intervenção pública adicional e Q_com a carga esperada com a alternativa proposta. A0 não congela a rede: incorpora investimentos privados já comprometidos, obrigações contratuais exigíveis, evolução esperada da demanda, manutenção programada e condições operacionais plausíveis no horizonte. A carga incremental atribuível à política é ΔQ_publico = Q_com - Q_sem. Só há adicionalidade financiável quando o resultado não ocorreria no A0 e não corresponde simplesmente ao cumprimento de obrigação já exigível.

Tabela 4 - Método simplificado de decisão

Etapa	Pergunta	Saída
F1 - Captabilidade	Existe carga com escala e alternativa ferroviária plausível?	Elegível / diligenciar / não elegível
F2 - Capacidade ponta a ponta	Qual componente limita o corredor e quanto ganho cada alternativa libera?	Gargalo vinculante + ΔC
F3 - Adicionalidade	Quanto da carga incremental não ocorreria sem a intervenção pública?	ΔQ público + justificativa
Decisão	Otimizar, expandir ou não intervir?	Alternativa com maior benefício líquido ajustado a custo, risco, confiabilidade e adicionalidade

Fonte: elaboração própria.

6. Comparação entre contrafactual, otimização e expansão

A decisão é estruturada em três alternativas mínimas. A0 representa a evolução esperada sem intervenção pública adicional, incluindo investimentos comprometidos, obrigações contratuais, manutenção, mudanças operacionais previsíveis e crescimento de demanda. A1 reúne otimização: gestão operacional, sinalização, recuperação localizada, pátios, terminais, acesso, interoperabilidade, condições comerciais e medidas regulatórias. A2 reúne expansão: duplicações, novos segmentos, segregações, novos terminais ou ampliações físicas relevantes.

A comparação é compatível com o Guia Geral de Análise Socioeconômica de Custo-Benefício de Projetos de Investimento em Infraestrutura (SDI/ME, 2021), que define o cenário-base como a situação mais provável na ausência do projeto e recomenda avaliar custos e benefícios incrementais ao longo do ciclo de vida. O Guia distingue ainda cenários *business as usual* e "fazer o mínimo", permitindo que o contrafactual incorpore operação, manutenção e pequenos investimentos previamente programados. Essa referência dá fundamento metodológico ao A0 dinâmico adotado aqui e evita atribuir à intervenção resultados que ocorreriam de qualquer forma (SDI/ME, 2021).

A regra proposta é comparar A1 e A2 contra A0 com a mesma demanda validada e o mesmo horizonte. A expansão não é tratada como último recurso absoluto, mas deve demonstrar ganho incremental em relação à melhor alternativa de otimização. Assim, expandir é justificável quando A1 não entrega capacidade suficiente, confiabilidade adequada ou benefício líquido comparável.

Tabela 5 - Estrutura de comparação de alternativas

Critério	A0 - sem intervenção	A1 - otimização	A2 - expansão
Capacidade ponta a ponta	C0	C1	C2
Carga ferroviária esperada	Q0	Q1	Q2
Carga incremental atribuível	0	Q1-Q0	Q2-Q0
CAPEX/OPEX incremental	0	Custo A1	Custo A2
Prazo de entrega	-	geralmente menor; verificar caso	geralmente maior; verificar caso
Risco de execução	*baseline*	operacional/institucional	obra/licenciamento/demanda
Benefícios socioeconômicos incrementais	*baseline*	ΔB_1 vs. A0	ΔB_2 vs. A0
Decisão	referência	adotar se suficiente e socioeconomicamente eficiente	adotar se ganho adicional justificar custo, risco e prazo

Fonte: elaboração própria.

Quando a monetização completa dos benefícios ainda não estiver disponível, a comparação preliminar pode utilizar indicadores de eficiência, desde que unidade e horizonte sejam explícitos. Investimento dividido por capacidade anual deve ser reportado como R$/(t/ano) de capacidade, e não como R$/t transportada. Para resultados, propõe-se CPA_VP = valor presente do custo fiscal / valor presente das toneladas incrementais efetivamente transportadas e IA_VP = valor presente dos TKU incrementais / valor presente do custo fiscal, usando horizonte e taxa de desconto comuns. Medidas regulatórias de baixo dispêndio fiscal devem ser avaliadas principalmente por adicionalidade, benefício líquido e desempenho, evitando índices instáveis por denominadores próximos de zero. Na viabilidade, esses indicadores complementam - e não substituem - VPL econômico, B/C, custo do ciclo de vida, confiabilidade, riscos e benefícios socioambientais.

7. Aplicação exploratória a três configurações

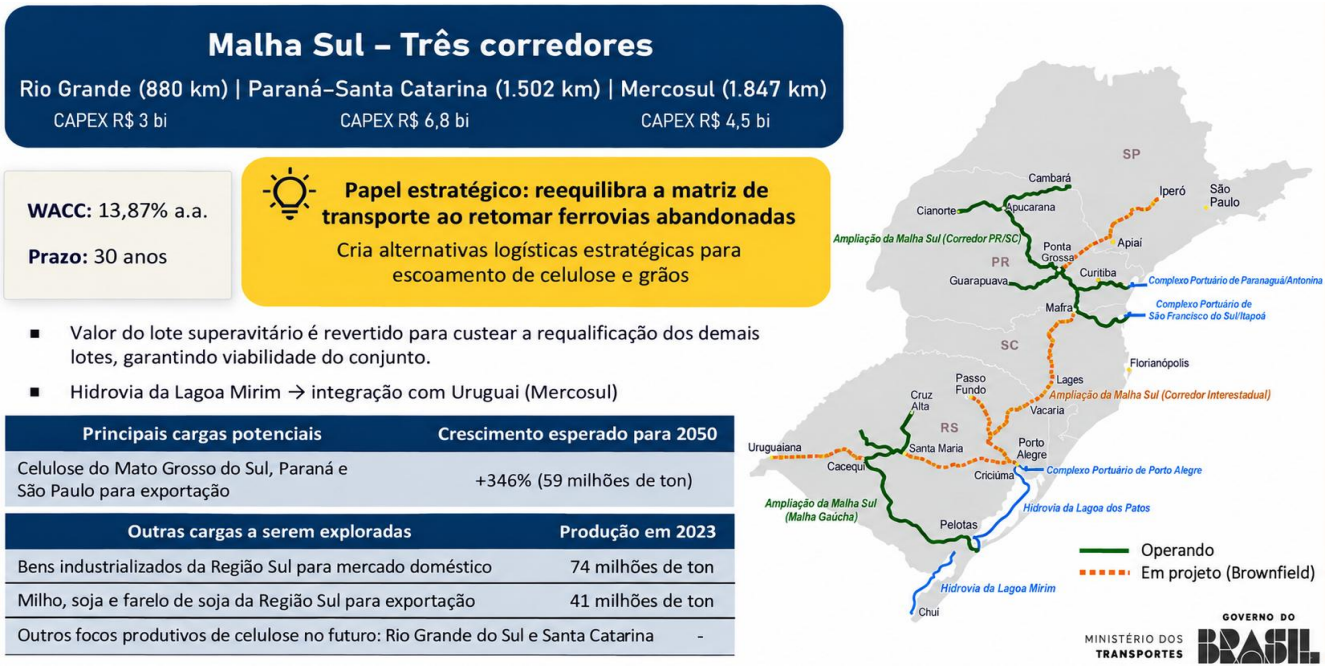
Os casos ilustram diferentes hipóteses de restrição, cuja confirmação depende de dados operacionais, comerciais e contratuais. A aplicação abaixo é documental e não substitui EVTEA, estudo de capacidade ou validação comercial.

7.1 Malha Sul - testar otimização e recuperação antes de expansão

Os três trajetos rodoviários de grãos da Região Sul associados à Malha Sul somam aproximadamente 17,82 milhões de toneladas anuais no cenário-base do PNL. O Plano registra distância média de 577 km, proximidade relevante à rede e sinais de baixa capacidade efetiva e trechos abandonados. Esses elementos sustentam a hipótese de que recuperação e otimização possam ativar parte da demanda antes de expansões maiores; a hipótese depende de confirmação por dados de condição da via, frota, equipes, terminais, slots, custos e compromissos comerciais. (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2026a).

O teste A1 deve estimar quanto de capacidade pode ser recuperada por intervenções localizadas, manutenção, pátios, terminais e gestão operacional. A2 entra quando a capacidade liberada por A1 permanece inferior à demanda captável validada ou não entrega confiabilidade compatível. O resultado público é a diferença entre a carga que efetivamente utilizaria a ferrovia em A1 ou A2 e aquela que ocorreria em A0.

Figura 2 - Novos caminhos sobre trilhos - Relicitação Malha Sul

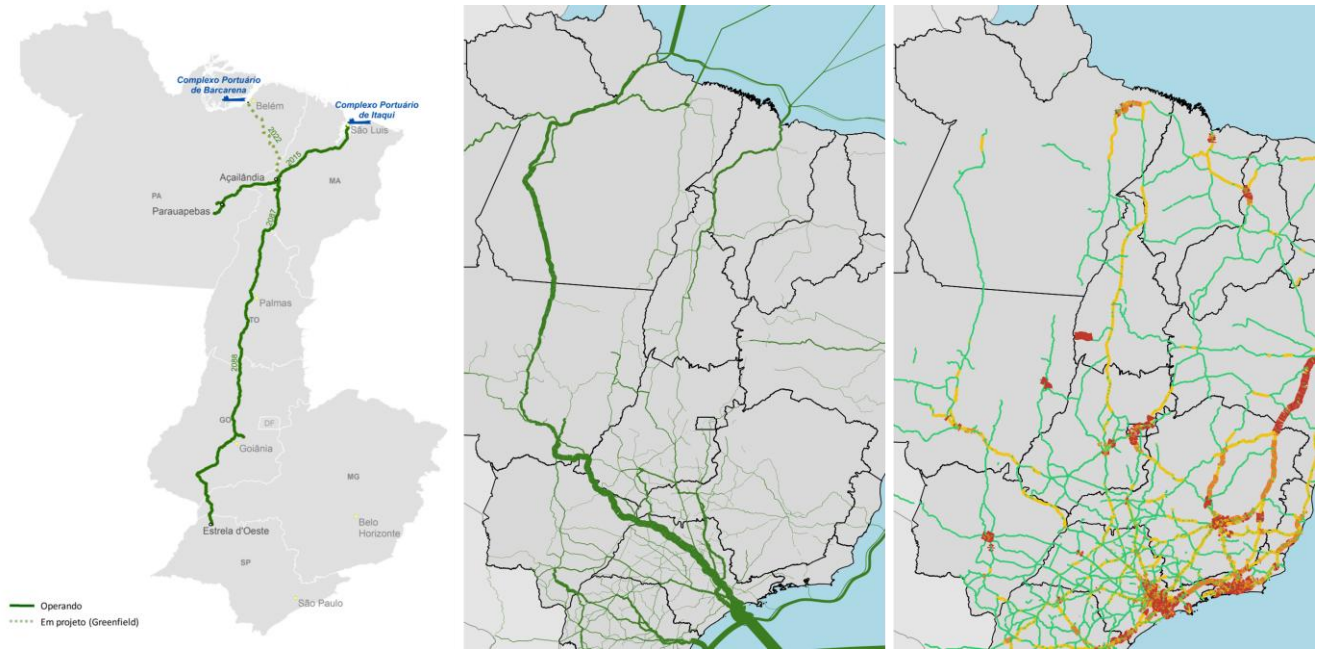


Fonte: ANTT (2026b).

7.2 FNS-EFC - testar acesso e interoperabilidade antes de expansão

A integração FNS-EFC ilustra a hipótese de que capacidade física e capacidade comercialmente acessível podem divergir. Os 5,61 milhões de toneladas anuais de fluxos rodoviários de grãos relacionados pelo PNL 2050 e a elevada concentração histórica da EFC em minério justificam investigar acesso, interoperabilidade e alocação de capacidade, mas não demonstram isoladamente capacidade ociosa nem restrição indevida a terceiros. A confirmação requer dados operacionais, comerciais, contratuais e de saturação. (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2026a).

Figura 3 - PNL 2050: Eixo de Transporte Ferroviário nº 2 - Ligação ferroviária Norte-Sul - Código do eixo: F002, Mapa de Carregamento (GSA) e Mapa de Saturação



Fonte: elaboração própria a partir do PNL 2050 (Ministério dos Transportes, 2026a).

A hipótese a verificar é se A1 regulatória e operacional - transparência de capacidade, direito de passagem quando aplicável, coordenação e alocação a terceiros - pode produzir oferta suficiente. Somente se a capacidade física permanecer vinculante após essa diligência a expansão ganha fundamento adicional. Assim, o princípio do caso é "resolver acesso antes de construir" como teste, e não como conclusão antecipada.

Tabela 6 - Ficha documental de aplicação dos três filtros: FNS-EFC

Campo	Leitura neste estágio
Fluxo	Grãos MATOPIBA + Pará associados pelo PNL 2050 à alternativa FNS-EFC: 5,61 Mt/ano no cenário-base - universo de investigação, não previsão de migração modal.
Evidências disponíveis	Fluxo rodoviário potencialmente ferroviário; concentração da movimentação da EFC em minério; necessidade de integração FNS-EFC indicada pelo PNL 2050.
Hipóteses de gargalo	Acesso comercial; alocação de capacidade; interoperabilidade; capacidade física; terminais e interfaces.
Alternativas	A0: evolução contratual/operacional sem apoio adicional; A1: acesso, coordenação, *slots* e ajustes operacionais; A2: expansão física onde A1 não for suficiente.
Lacunas críticas	Capacidade operacional por segmento e janela; *slots* ofertáveis; tarifas/condições de acesso; frota e equipes; capacidade terminal; contratos/obrigações; compromisso de
Decisão possível	Diligenciar. Não há base documental suficiente para recomendar expansão nem para afirmar restrição indevida; priorizar validação de acesso e capacidade ponta a ponta.

Fonte: elaboração própria.

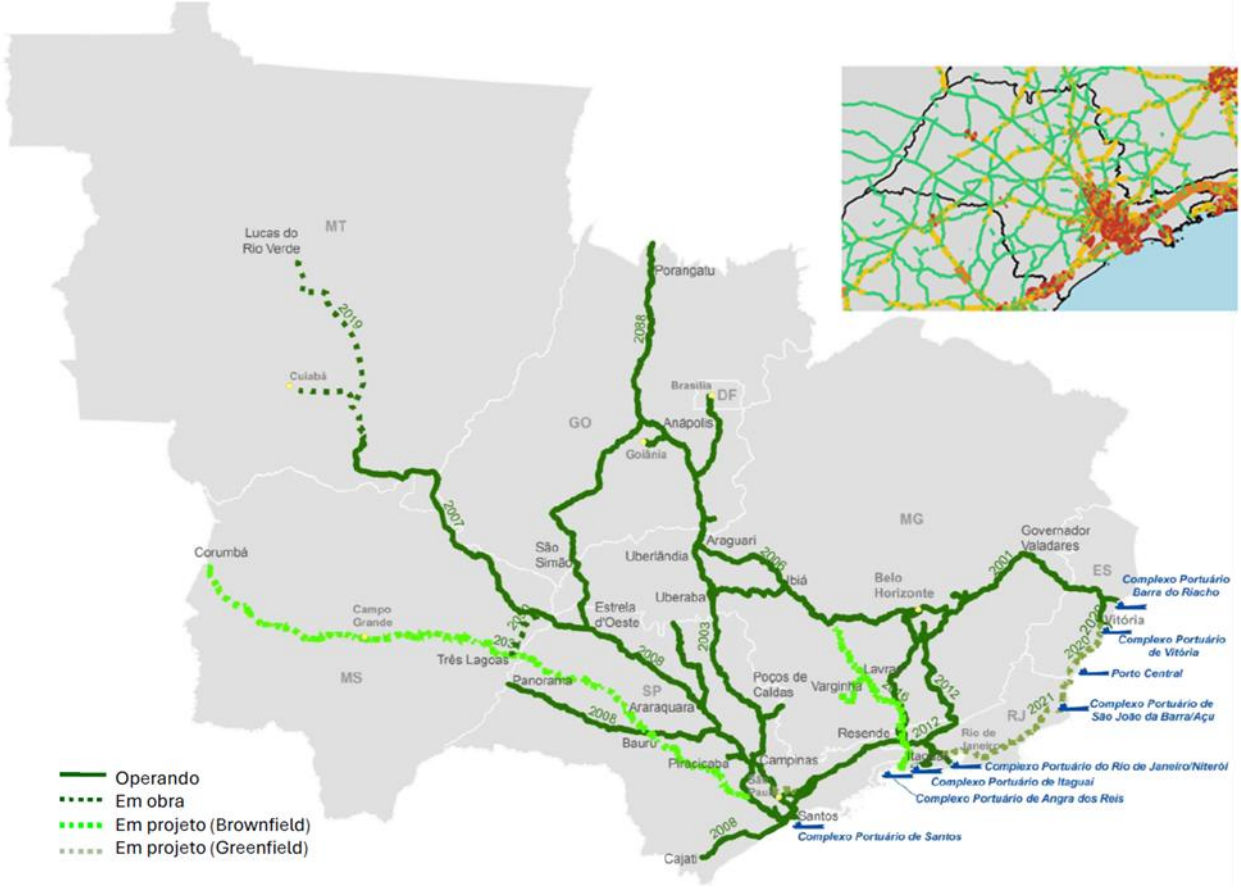
7.3 Malha Paulista-Santos - avaliar o corredor inteiro antes de investir

O caso paulista é o mais adequado para demonstrar capacidade ponta a ponta. A análise deve abranger local de origem, terminais intermodais, Malha Paulista, pátios, descida da Serra do Mar, Ferrovia Interna do Porto de Santos (FIPS), janelas e terminal portuário. O PNL 2050 registra atrasos no desembarque ferroviário e, em recortes portuários específicos, ocupação e espera elevadas. Investir em um único trecho sem modelar as interfaces pode apenas deslocar o gargalo de posição e/ou escala.

A1 deve combinar medidas operacionais e intervenções localizadas no componente vinculante. A2 deve ser testada quando o crescimento de demanda, inclusive o projetado para Goiás, superar a

capacidade obtida por otimização. O produto do estudo não é uma obra predeterminada, mas uma curva de capacidade e custo para o corredor completo.

Figura 4 - PNL 2050: Eixo de Transporte Ferroviário Nº 1 - Malha ferroviária Centro-Sudeste - Código do eixo: F001 e Mapa de Saturação (zoom estado de SP)



Fonte: Ministério dos Transportes (2026a).

Tabela 7 - Leitura dos três casos pela nova metodologia

Caso	Pergunta central	A1 - otimização	Condição para A2 - expansão	Resultado público a medir
Malha Sul	Onde a rede existente perde capacidade?	recuperação, pátios, terminais, operação	A1 insuficiente para demanda captável	TU/TKU adicional vs. A0
FNS-EFC	Quanto da restrição é acesso?	acesso, passagem, alocação, interoperabilidade	capacidade física continua vinculante após A1	capacidade e carga de terceiros adicional
Paulista-Santos	Qual é o gargalo do corredor completo?	pacote linha-pátio-FIPS-terminal	crescimento supera capacidade otimizada	TU/TKU adicional no corredor sem deslocar gargalo

Fonte: elaboração própria.

8. Governança orientada ao fluxo e à capacidade

A governança complementa o método porque a informação necessária está distribuída. Para o piloto, propõe-se instituição por ato do Ministério dos Transportes - por exemplo, portaria ou ato equivalente no âmbito de suas competências de planejamento -, definindo escopo, corredores, produtos, prazos e participação institucional. O Ministério convocaria a mesa de cada corredor e designaria a coordenação executiva; a Infra S.A. apoiaria a consolidação da ficha, modelagem OD e cenários; a ANTT validaria

matérias de sua competência regulatória e contratual, sem prejuízo de suas competências decisórias próprias; concessionárias, operadores, terminais e embarcadores validariam dados operacionais e comerciais sob regras de confidencialidade; e BNDES e outros financiadores participariam quando houver necessidade de estruturação financeira.

A mesa seria temporária e vinculada ao fluxo analisado, não uma nova autarquia. Seu produto mínimo é uma ficha única com demanda validada, mapa de capacidade ponta a ponta, alternativas A0/A1/A2, obrigações contratuais, custos, prazos, carga incremental e fonte de financiamento. O processo teria quatro *gates*: (1) suficiência da evidência de demanda; (2) validação do gargalo e da capacidade pelos detentores dos dados e, nas matérias reguladas, pela ANTT; (3) recomendação motivada A0/A1/A2; e (4) encaminhamento à autoridade competente. A mesa recomenda; decisões jurídicas, regulatórias e financeiras permanecem com as instituições legalmente competentes.

Tabela 8 - Governança funcional proposta

Função	Ator(es) principal(is)	Produto
Coordenação e aderência ao planejamento	Ministério dos Transportes	prioridade e compatibilidade PNL 2050/planos setoriais
Modelagem OD e corredor	Infra S.A. + proponentes	demanda, rede e cenários
Capacidade, contrato e acesso	ANTT + concessionárias	capacidade efetiva, obrigações e regras de acesso
Interface portuária/terminal	autoridades portuárias/terminais/estados	janelas, filas, capacidade terminal
Validação comercial	embarcadores/operadores	volume, preço, compromisso e cronograma
Estruturação financeira	BNDES e financiadores, quando cabível	*bankability*, *funding gap* e instrumento

Fonte: elaboração própria.

9. Adicionalidade, *funding gap* e instrumentos

A intervenção pública deve ser condicionada ao contrafactual. Quatro situações básicas são suficientes para a triagem: obrigação contratual já exigível, em que a resposta prioritária é *enforcement*; investimento privado rentável e financiável, em que não há necessidade de apoio adicional; investimento viável com restrição de crédito ou risco, em que cabem instrumentos financeiros convencionais; e investimento com benefício econômico-social positivo, mas retorno privado insuficiente, em que pode existir *funding gap*. No enquadramento do ROF 1, o teste deve distinguir: (i) obrigação contratual exigível, cuja resposta prioritária é regulatória/contratual; (ii) investimento privado viável sem apoio adicional; e (iii) intervenção com benefício socioeconômico relevante cuja viabilidade dependa de aporte, reequilíbrio ou outro instrumento público juridicamente cabível. O regulamento prevê, conforme o modelo, contraprestação pública, mecanismos de subsídio, formas de reequilíbrio e, nos chamamentos de autorização, valores e condições de aporte público (ANTT, 2026a).

Como regra de estruturação, o apoio não reembolsável máximo pode ser limitado ao menor valor entre o *funding gap* demonstrado e o valor presente dos benefícios públicos incrementais elegíveis: Apoio_máx = min(*Funding Gap*, VP dos Benefícios Públicos Elegíveis). Para crédito reembolsável, o custo fiscal não corresponde ao principal integral e deve considerar condições financeiras, risco e eventual subsídio implícito; para garantias, deve-se considerar exposição esperada e risco assumido. Medidas regulatórias podem ter baixo custo fiscal direto e devem ser avaliadas por adicionalidade, efeitos concorrenciais e desempenho. Benefícios elegíveis devem ser incrementais ao A0 e monetizados sem dupla contagem - por exemplo, redução de custos logísticos, acidentes, emissões e outras externalidades negativas evitadas, quando metodologicamente compatíveis. A regra não cria direito a apoio nem fundamento autônomo para reequilíbrio contratual.

Considere exemplo hipotético de investimento total de R$ 500 milhões que suporte R$ 380 milhões nas condições privadas de retorno e risco, deixando *gap* de R$ 120 milhões, e gere R$ 270 milhões em benefícios públicos líquidos adicionais. O teto ilustrativo seria R$ 120 milhões. A comparação relevante, entretanto, deve incluir A1: se uma otimização de custo muito inferior produzir quase a mesma carga incremental, o *funding gap* da expansão deixa de ser a primeira solução.

Tabela 9 - Regra de intervenção pública

Situação	Resposta	Resultado que deve depender da política
Obrigação contratual	fiscalização/*enforcement*	cumprimento da obrigação, sem contabilizar como adicionalidade financiável
Projeto privado viável	mercado/crédito convencional	sem apoio público adicional
Restrição de financiamento/risco	crédito, garantia, estruturação	antecipação ou escala adicional comprovada
Benefício social > retorno privado	apoio proporcional ao *funding gap*	TU/TKU adicional atribuível
Barreira de acesso/coordenação	regulação/governança	capacidade efetivamente acessível e utilizada

Fonte: elaboração própria.

10. Indicadores e avaliação de resultados

A simplificação metodológica permite reduzir o painel principal a cinco indicadores: carga captável validada; capacidade incremental ponta a ponta; carga ferroviária incremental atribuível à intervenção pública (principal indicador); custo público por tonelada incremental e benefício público líquido ou relação benefício/custo, quando a monetização estiver disponível. Adicionalmente, TKU deve complementar TU nos corredores longos.

Tabela 10 - Painel mínimo de resultados

Indicador	Unidade/fórmula	Função
Carga captável validada	TU/ano	define universo realista após F1
Capacidade incremental ponta a	TU/ano ou trens/dia	verifica se o gargalo foi removido
Carga incremental atribuível	TU/ano: Q_com - Q_sem, no horizonte comum	mede adicionalidade efetiva
CPA	CPA_VP = VP(custo fiscal) / VP(TU incremental transportada)	compara eficiência fiscal
IA	IA_VP = VP(TKU incremental) / VP(custo fiscal)	compara ativação em corredores de distâncias distintas
Benefício socioeconômico	VPL econômico / B/C, horizonte comum	testa justificativa socioeconômica e evita decisão por CAPEX isolado

Fonte: elaboração própria.

A avaliação *ex post* deve preservar *baseline*, data de corte, OD e produto. Crescimento orgânico, transferência de outra ferrovia e mudança de classificação não devem ser contabilizados como migração rodoviária atribuível. Para investimentos de capacidade, o acompanhamento precisa mostrar a cadeia intervenção → capacidade → serviço → carga → benefício. A experiência de Dartmoor reforça a comparação sistemática entre previsto e realizado e a necessidade de distinguir resultados iniciais de efeitos maduros (UNITED KINGDOM, 2025). Assim, além de ΔQ_publico previsto, deve-se apurar ΔQ_real atribuível e sua realização frente à meta. Uma obra concluída ou capacidade criada sem carga adicional é produto físico, não resultado final da política pública.

11. Implementação piloto

A proposta pode ser testada como mecanismo de estruturação antes de institucionalização ampla. Um primeiro ciclo de 18 a 24 meses poderia selecionar três corredores, produzir diagnóstico ponta a ponta, comparar A0/A1/A2 e encaminhar apenas casos adicionais à estruturação regulatória ou financeira. O orçamento de estruturação deve ser separado do CAPEX dos corredores e de eventual EVTEA completo. Exclusivamente como premissa paramétrica dos autores para testar ordem de grandeza de implementação - e não como orçamento oficial ou cotação de mercado -, adota-se faixa preliminar de R$ 2,0 a 4,0 milhões para os três casos: 35-45% para equipe e coordenação; 25-35% para estudos especializados; 10-15% para dados e ferramentas; 10-15% para validação independente, oficinas e apoio jurídico-regulatório; e 5-10% para *baseline*, monitoramento e contingência. A faixa pressupõe uso intensivo de bases públicas e equipes dos órgãos e deve ser substituída, na estruturação efetiva, por termos de referência, cotações e planos de trabalho. Fontes possíveis incluem dotações de planejamento do Ministério/Infra S.A., cooperação técnica e recursos de estruturação das instituições participantes, conforme suas regras próprias.

Tabela 11 - Primeiro ciclo piloto

Fase	Produto	Decisão
0-3 meses	manual simplificado, seleção de fluxos e protocolo de dados	iniciar estudos
3-8 meses	demanda captável + mapa de capacidade ponta a ponta	diligenciar ou avançar
8-12 meses	alternativas A0/A1/A2 com custo, prazo e ΔC	selecionar alternativa
12-16 meses	contrafactual, adicionalidade, benefício e *funding gap*	definir instrumento ou não intervir
16-24 meses	estruturação/contratação dos casos aprovados	*baseline* e metas de carga incremental

Fonte: elaboração própria.

O piloto deve produzir também aprendizado institucional: tempo para obter dados, divergências de capacidade entre atores, qualidade das estimativas de demanda e diferença entre capacidade nominal e comercialmente acessível. Esses resultados permitem aperfeiçoar o protocolo antes de escalar a carteira.

12. Riscos e salvaguardas

Tabela 12 - Riscos principais e salvaguardas

Risco	Problema	Salvaguarda
Superestimar captabilidade	tratar proximidade como migração provável	validação comercial e custo porta a porta
Otimização insuficiente	subestimar crescimento ou confiabilidade necessária	comparar ΔC e serviço de A1/A2 no mesmo horizonte
Expansão prematura	obra antes de localizar gargalo	mapa ponta a ponta e A1 obrigatório como comparador
Deslocar gargalo	ganho local cria fila a jusante	C_corredor=min(C_i) e simulação de interfaces
Falsa adicionalidade	financiar obrigação ou investimento já previsto	A0 documentado e análise contratual
Capacidade capturada	investimento público não chega ao fluxo-alvo	metas de acesso e utilização quando aplicável
Dados assimétricos	decisão baseada em premissas não comparáveis	ficha única, fonte e data de cada variável

Fonte: elaboração própria.

O principal limite empírico permanece: o PNL 2050 não fornece, de forma homogênea para cada fluxo, tarifa, capacidade comercial disponível, custo porta a porta, CAPEX e compromisso dos embarcadores. Por isso, o artigo não estima uma taxa nacional de migração nem calcula o investimento ótimo dos três casos. A contribuição é definir quais dados precisam ser obtidos e como eles alteram a decisão entre otimizar, expandir ou não intervir.

13. Protocolo de dados e mensuração da capacidade

A implementação depende menos de criar uma nova base nacional do que de integrar informações hoje produzidas para finalidades distintas. Para cada fluxo, a ficha de estruturação deve registrar fonte, data, unidade e grau de confidencialidade de cada variável. Dados de planejamento podem detectar o caso; dados regulatórios e operacionais confirmam capacidade; e dados comerciais validam captabilidade. A ausência de uma dessas camadas não deve ser convertida em hipótese favorável.

A demanda deve ser descrita por OD, produto, volume anual, sazonalidade, crescimento esperado, número de embarcadores e requisitos de lote. A alternativa rodoviária precisa incluir distância, custo porta a porta, tempo e confiabilidade. Já a alternativa ferroviária deve incluir rota, tarifa ou cotação, frequência, tempo, confiabilidade, lote mínimo, terminais e interfaces. A capacidade precisa ser informada por componente, distinguindo capacidade nominal, operacional e comercialmente disponível.

Todas as alternativas devem utilizar o mesmo ano-base, horizonte, projeção de demanda e definição de corredor. Caso A1 seja entregue antes de A2, o valor da antecipação deve ser contabilizado; caso A2 gere capacidade muito superior à demanda validada, a análise deve explicitar o risco de ociosidade. Essa disciplina evita comparar uma otimização de curto prazo com uma expansão dimensionada para outro horizonte sem ajustar benefícios e custos.

14. Teste quantitativo de materialidade

O PNL 2050 não estima de forma homogênea a taxa de migração de cada fluxo. Por isso, 10%, 20% e 30% são faixas de sensibilidade arredondadas, escolhidas apenas para testar se diferentes ordens de grandeza de captura produziriam resultados materiais (não são previsões, metas nem probabilidades). A faixa inferior representa captura limitada, a intermediária um teste de escala e a superior um cenário mais exigente para capacidade e mercado. Qualquer decisão real deve substituir essas faixas por demanda validada, custos porta a porta, compromissos comerciais e modelagem específica.

Na Malha Sul, por exemplo, 10% dos 17,82 milhões de toneladas anuais dos três fluxos selecionados equivaleriam, aproximadamente, a 1,78 milhão de toneladas. Se, apenas para ilustrar ordem de grandeza, esse volume fosse multiplicado pela distância média rodoviária de 577 km informada pelo PNL 2050 para o conjunto analisado, obter-se-ia cerca de 1,03 bilhão de TKU/ano. Essa distância não é a distância ferroviária específica dos fluxos selecionados e, portanto, o produto não deve ser interpretado como previsão de produção ferroviária. (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2026a).

Na integração FNS-EFC, cenários de 10%, 20% e 30% sobre os 5,61 milhões de toneladas relacionados pelo PNL 2050 equivaleriam a 0,56, 1,12 e 1,68 milhão de toneladas anuais. Como a EFC movimentou 11,5 milhões de toneladas de granéis agrícolas em 2025, esses cenários representam aproximadamente 4,9%, 9,8% e 14,6% daquele volume. A comparação fornece escala para testar capacidade a terceiros sem supor transferência integral. (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2026a).

Para os grãos de Goiás, 10% dos aproximadamente 4,00 milhões de toneladas associados à alternativa ferroviária equivaleriam a 0,40 milhão de toneladas. A multiplicação pela distância média de 1.046 km informada pelo PNL 2050 serve apenas como exercício ilustrativo de escala e não representa distância ferroviária específica nem TKU projetado do corredor. O objetivo do teste é mostrar a sensibilidade da materialidade ao volume captado, e não antecipar demanda ou benefício. (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2026a).

15. Exemplo de decisão: por que comparar otimização e expansão

Considere um corredor hipotético com demanda captável validada de 3,0 milhões de toneladas anuais e capacidade efetiva atual de 1,5 milhão. A0 mantém essa capacidade. Uma alternativa A1 de otimização, com custo de R$ 180 milhões, eleva a capacidade ponta a ponta para 2,6 milhões; A2, com custo de R$ 650 milhões, eleva-a para 4,0 milhões. Se a carga contratável no horizonte for 2,4 milhões, A1 atende a necessidade e A2 cria capacidade excedente sem benefício correspondente no período.

Se contratos e projeções futuras indicarem 3,4 milhões de toneladas e A1 não puder superar 2,6 milhões com confiabilidade adequada, a expansão passa a produzir resultado adicional mensurável. O ponto não é presumir que A1 seja sempre superior, mas tornar explícito o custo marginal de passar de A1 para A2 e a carga adicional que essa diferença efetivamente habilita.

A mesma lógica vale para intervenção regulatória. Se um corredor possui capacidade física disponível, mas somente parte é comercialmente acessível a terceiros, uma medida de acesso pode produzir efeito semelhante ao de uma obra. Nesse caso, a comparação deve incluir prazo, confiabilidade e risco de captura, e não apenas CAPEX.

O custo incremental da expansão sobre a otimização pode ser expresso por (Custo_A2 - Custo_A1) / (Q_A2 - Q_A1). A métrica não substitui VPL econômico ou B/C, mas evidencia quanto custa obter a tonelada adicional que somente A2 entrega. Se a diferença de carga for pequena ou incerta, a expansão exige benefícios adicionais de resiliência, confiabilidade, segurança ou crescimento futuro.

16. Critérios de decisão e avaliação econômico-financeira

A comparação A0/A1/A2 ocorre em dois níveis. O primeiro é técnico: cada alternativa demonstra capacidade ponta a ponta, confiabilidade e prazo. O segundo é socioeconômico e ambiental: benefício incremental é comparado ao custo incremental, incluindo investimento, operação, manutenção, externalidades e valor da antecipação. Uma alternativa tecnicamente capaz pode não ser economicamente preferível; uma alternativa barata pode ser insuficiente para o horizonte de demanda. O benefício socioeconômico deve incluir, quando mensurável e sem dupla contagem, as externalidades negativas evitadas pela transferência rodovia-ferrovia. Essa abordagem é consistente com García-Ródenas et al. (2025): ao comparar políticas para o Corredor Mediterrâneo, os autores mostram que a alternativa que maximiza a receita direta do gestor da infraestrutura não coincide necessariamente com aquela de maior interesse público quando externalidades são incorporadas. No estudo, a inclusão dessas externalidades elevou substancialmente os indicadores benefício-custo relativos entre as políticas analisadas, embora os próprios autores ressaltem que o exercício não constitui uma análise custo-benefício completa.

A avaliação deve evitar dupla contagem. Se a carga incremental já incorpora crescimento de produção, o benefício de redução de custo logístico deve incidir sobre o volume efetivamente atendido, e não sobre toda a produção regional. Benefícios ambientais e de segurança devem utilizar parâmetros oficiais ou documentados.

Para o BNDES, é importante distinguir custo total do projeto, custo fiscal e exposição financeira. A decisão não deve preferir automaticamente o menor CAPEX ou o menor apoio público: compara-se benefício líquido incremental, custo do ciclo de vida, confiabilidade, prazo, riscos, adicionalidade e eficiência fiscal. Aporte não reembolsável é dispêndio direto; empréstimo reembolsável deve ser avaliado pelo custo fiscal/econômico de suas condições e risco, não pelo principal integral; garantia deve ser tratada pela exposição esperada; e atuação regulatória pode ter baixo custo fiscal, mas efeitos relevantes. Insuficiência de retorno privado, por si só, não fundamenta reequilíbrio contratual.

Essa separação entre retorno privado e retorno social também segue a abordagem do Guia SDI/ME: viabilidade financeira considera a sustentabilidade do projeto sob a ótica do investidor, enquanto a viabilidade socioeconômica mede a contribuição líquida para o bem-estar social. O Guia utiliza o ΔVSPL para comparar cenário alternativo e cenário-base e define *Value for Money* como a combinação mais vantajosa de custos, benefícios, externalidades e fatores qualitativos, inclusive riscos. Assim, o *framework* não seleciona automaticamente a alternativa de menor CAPEX ou menor desembolso

público; procura a alternativa incrementalmente justificável sob perspectiva socioeconômica e de implementação (SDI/ME, 2021).

A decisão recomendada deve apresentar quatro razões: por que A0 é insuficiente ou adequado? Qual gargalo A1 remove? Qual ganho adicional A2 oferece sobre A1? e Por que a intervenção pública é necessária? A incerteza deve ser tratada por sensibilidade de demanda, CAPEX, prazo, tarifa, custo rodoviário e capacidade efetiva.

17. Processo de estruturação e governança decisória

A governança proposta é um mecanismo para produzir decisão comum a partir de informações fragmentadas. Operacionalmente, o ato instituidor do piloto definiria uma secretaria executiva, calendário e responsáveis por cada *gate*. O Ministério dos Transportes convocaria as mesas; Infra S.A. consolidaria a ficha e registraria divergências; ANTT validaria aspectos regulatórios e contratuais sob sua competência; e os agentes privados atestariam dados próprios. Estudos especializados poderiam ter revisão independente. A recomendação final da mesa seria formalizada em nota de estruturação e encaminhada à autoridade competente, sem substituir os processos legais de outorga, fiscalização, contratação ou financiamento.

O primeiro marco é validar demanda captável; o segundo, validar mapa de capacidade e gargalo; o terceiro, comparar A0/A1/A2; e o quarto, testar adicionalidade, benefício e instrumento. O encaminhamento resultante é explícito: obrigação contratual ou acesso regulado segue à ANTT; ativo ocioso elegível pode seguir a chamamento/autorização; projeto privado viável segue ao mercado; *funding gap* com benefício público demonstrado pode seguir à estruturação financeira; e casos sem captabilidade, adicionalidade ou benefício suficiente são arquivados. Essa árvore torna a não intervenção uma saída legítima.

A transparência deve ser compatível com confidencialidade comercial. A carteira pública pode divulgar OD agregado, produto, problema, alternativa, capacidade incremental, custo público e metas. Tarifas negociadas, contratos e dados operacionais sensíveis podem permanecer restritos, desde que a decisão registre metodologia, fonte e responsável pela validação.

Estados, portos, concessionárias, operadores independentes ou grupos de embarcadores poderiam apresentar fluxos candidatos acompanhados de evidência mínima. A entrada externa não cria prioridade automática: o fluxo passa pelos mesmos filtros. Isso combina planejamento *top-down* do PNL 2050 com informação *bottom-up* de mercado sem transformar a política em balcão de projetos privados.

A incorporação do ROF 1 transforma a saída do método em uma árvore institucional mais objetiva: se o gargalo corresponde a obrigação de capacidade ou investimento já prevista na concessão, encaminha-se à ANTT para tratamento regulatório e contratual; se envolve trecho ocioso, desativado ou devolvido apto à exploração por autorização, pode-se estruturar chamamento público, inclusive com cisão prévia quando aplicável; se a alternativa privada é economicamente viável, o investimento pode seguir sem apoio fiscal adicional; e, se houver benefício público adicional não apropriável e necessidade financeira demonstrada, avaliam-se instrumentos de aporte, financiamento ou reequilíbrio juridicamente cabíveis. Essa árvore reduz o risco de confundir falha de fiscalização, ausência de interesse privado e *funding gap* como um único problema de financiamento.

18. Critério de não intervenção e caso contrastante de elegibilidade

Uma política de ativação precisa ser capaz de concluir que a ferrovia não é a solução prioritária. Sem essa possibilidade, o método se transforma em confirmação de projetos previamente desejados. O critério de não intervenção é acionado quando a carga não apresenta captabilidade plausível, quando A0 já entrega o resultado ou quando A1/A2 apresentam benefício público inferior ao custo e aos riscos.

O açúcar de Alagoas, apresentado pelo PNL 2050 como fluxo integralmente rodoviário, funciona aqui como caso contrastante de elegibilidade, e não como grupo de controle causal. O Plano registra distância média de apenas 85 km até a costa e produção fora da área de influência de terminais ferroviários. O exemplo testa se o método é capaz de concluir pela não intervenção ferroviária quando

distância, acesso ou escala tornam improvável uma alternativa competitiva. (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2026a).

A possibilidade de não intervir protege a política fiscal e metodologicamente: evita apoio sem adicionalidade e impede que volume rodoviário seja confundido com demanda captável. Arquivar um caso com justificativa documentada é resultado legítimo de planejamento, não uma falha do mecanismo proposto.

19. Como medir capacidade sem confundir infraestrutura com serviço

Em ferrovias, capacidade não é um número único e constante: depende de perfil de trens, sentido dos fluxos, manutenção, cruzamentos, janelas, confiabilidade, locomotivas, vagões, sistemas, equipes e interfaces. Para triagem, pode-se usar toneladas anuais; para decisão, é necessário preservar a unidade operacional relevante. A regra C_corredor = min(C_i) é apropriada como simplificação de uma cadeia em série com capacidades comparáveis e operação compatível; fora dessas condições, o mínimo é apenas um limite superior preliminar e a capacidade efetiva deve ser obtida por análise de rede, horários, conflitos e interfaces.

A taxonomia de Abril et al. (2008) ajuda a disciplinar essa leitura. A capacidade teórica funciona como limite físico idealizado; a capacidade prática introduz condições reais de operação e confiabilidade; a capacidade utilizada corresponde ao tráfego efetivamente observado; e a capacidade disponível é a diferença entre capacidade prática e utilizada quando essa diferença pode, de fato, acomodar novos trens. O conceito de "capacidade comercialmente disponível" empregado neste artigo acrescenta uma camada de política pública: pergunta quanto da capacidade tecnicamente disponível pode ser efetivamente contratada pelo fluxo analisado depois de compromissos existentes, regras de acesso e interfaces. Trata-se, portanto, de adaptação analítica deste trabalho, e não de categoria atribuída a Abril et al. (2008).

Essa camada comercial também encontra apoio em Broman, Eliasson e Aronsson (2022), que tratam a capacidade ferroviária escassa como recurso cuja alocação afeta entrada, competição e eficiência social. Em particular, os autores observam que mecanismos baseados em disposição a pagar podem revelar o valor atribuído a rotas ferroviárias e sinalizar onde aumentos de capacidade são demandados, mas alertam para riscos de concentração e comportamento anticompetitivo. No presente método, portanto, evidência de escassez comercial ou de disposição a pagar é insumo para o diagnóstico do gargalo e para A1/A2, não critério isolado de priorização pública.

Propõem-se três camadas. Capacidade nominal é a produção teórica da configuração física. Capacidade operacional desconta manutenção, conflitos e nível de confiabilidade requerido. Capacidade comercialmente disponível corresponde à parcela que pode ser efetivamente contratada pelo fluxo após compromissos existentes, prioridades, regras de acesso e interfaces. Para ativação, a terceira camada é a mais relevante.

A capacidade incremental de A1 ou A2 deve ser calculada no mesmo ponto do sistema. Se uma duplicação aumenta a linha em 4 milhões de toneladas anuais, mas o terminal libera apenas 1 milhão, o ganho de corredor é 1 milhão até que o terminal seja tratado. Essa disciplina força a estruturação a procurar pacotes coerentes e não somas de capacidades locais que não podem ser usadas simultaneamente.

A confiabilidade também deve ser incorporada. Um corredor que suporta a demanda média, mas falha nos picos sazonais, pode exigir reserva, pátios ou gestão de janelas. A1 pode ser preferível quando pequenas intervenções elevam confiabilidade; A2 pode ser necessária quando a margem permanece insuficiente após otimização.

A medição *ex post* deve repetir a estrutura usada na decisão. Se o projeto prometeu liberar dois trens adicionais por dia, deve-se verificar se os *slots* foram criados, ofertados, contratados e utilizados. Se foram criados, mas não utilizados, o problema migra de capacidade para serviço, preço ou demanda. Se foram usados por carga que já circulava em outra ferrovia, há ganho operacional, mas não necessariamente mudança na matriz multimodal.

20. Conclusão

O PNL 2050 identifica 44,16 milhões de toneladas anuais de cargas de exportação em fluxos rodoviários associados a alternativas ferroviárias subutilizadas. O número é suficientemente relevante para justificar uma agenda de ativação, mas não pode ser convertido diretamente em meta ferroviária. Entre o potencial e a carga efetiva existem restrições de capacidade, acesso, terminais, interoperabilidade e serviço que precisam ser localizadas caso a caso. (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2026a).

Este artigo propõe uma resposta mais delimitada do que um programa nacional de priorização multicritério: um mecanismo de estruturação de intervenções para corredores existentes ou subutilizados, baseado em três filtros - carga captável, gargalo de capacidade ponta a ponta e adicionalidade pública - e em uma comparação explícita entre cenário sem intervenção, otimização e expansão. A expansão permanece parte essencial da política ferroviária, mas deve demonstrar o ganho que entrega além da melhor alternativa de otimização.

Os três casos exploratórios mostram a utilidade dessa distinção sem antecipar conclusões que dependem de diligência. Na Malha Sul, testa-se a hipótese de que recuperação e otimização possam ativar carga antes de expansões maiores. Na FNS-EFC, testa-se se condições de acesso e interoperabilidade explicam parte da restrição antes de atribuí-la à falta de capacidade física. Na Malha Paulista-Santos, testa-se qual elo do corredor completo é vinculante. Em todos os casos, a conclusão depende de dados operacionais, comerciais, contratuais e de capacidade compatíveis.

A contribuição original reside em conectar o diagnóstico de demanda reprimida do PNL 2050 a uma decisão de investimento verificável: qual pacote de intervenção é tecnicamente suficiente, socioeconomicamente justificável e capaz de gerar capacidade utilizável e carga ferroviária adicional, e quanto desse resultado não ocorreria sem atuação pública? Governança, avaliação de capacidade e *funding gap* deixam de ser módulos paralelos e passam a servir a essa pergunta. A referência de García-Ródenas et al. (2025) reforça que a intervenção pode ser física, operacional, regulatória ou econômica: em redes com capacidade disponível, alterar condições de acesso e uso pode gerar carga adicional sem reproduzir automaticamente o custo de uma expansão. Isso fortalece o princípio de comparar otimização e expansão sob o mesmo contrafactual e de escolher pela combinação de benefício líquido, adicionalidade, risco, confiabilidade e custo do ciclo de vida - não pelo menor CAPEX isolado.

O critério de sucesso também se torna mais exigente. Quilômetros construídos, CAPEX executado ou capacidade nominal criada são meios. O resultado de política é capacidade efetivamente acessível que se converte em serviço e em TU/TKU incremental atribuível. Sob essa lógica, otimização e expansão deixam de competir como agendas ideológicas e passam a ser alternativas comparáveis para produzir o mesmo objetivo público ao menor custo social. A avaliação deve, portanto, ser desenhada desde a estruturação do projeto, com contrafactual, metas verificáveis e comparação posterior entre resultado previsto e realizado.

Referências

ABRIL, M.; BARBER, F.; INGOLOTTI, L.; SALIDO, M. A.; TORMOS, P.; LOVA, A. An assessment of railway capacity. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, v. 44, n. 5, p. 774-806, 2008. DOI: 10.1016/j.tre.2007.04.001.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). Concurso nº 001/2026 - Prêmio BNDES Ferrovias: edital. Rio de Janeiro: BNDES, 23 mar. 2026. Disponível em: https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/onde-atuamos/infraestrutura/premio-bndes-ferrovias. Acesso em: 23 set. 2026.

BERTHOLD, K.; FESSER, J.; KÄMMERLING, N.; MATTERN, N.; SCHWARZMANN, R.; STAPLETON, T.; KÜHN, A. Begleitende Maßnahmen für die Reaktivierung von Schienenstrecken: Entwicklung eines Leitfadens zur Umsetzung effektiver Begleitmaßnahmen. Dresden: Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung beim Eisenbahn-Bundesamt, set. 2023. (Berichte des Deutschen Zentrums für Schienenverkehrsforschung, Forschungsbericht 32 (2022)).

BRASIL. Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT). Resolução ANTT nº 6.088, de 27 de agosto de 2026. Aprova a primeira norma das Condições Gerais de Transporte Ferroviário, denominada Regulamento de Outorgas Ferroviárias - ROF 1. Brasília, DF: ANTT, 2026a. Disponível em: https://anttlegis.antt.gov.br/action/ActionDatalegis.php?acao=abrirTextoAto&cod_menu=9230&cod_modulo=623&numeroAto=00006088&orgao=DG%2FANTT%2FMT&seqAto=000&tipo=RES&valorAno=2026. Acesso em: 23 set. 2026.

BRASIL. Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT). Novos caminhos sobre trilhos: ANTT apresenta avanços para o futuro das ferrovias brasileiras. Brasília, DF, 11 jun. 2026b. Disponível em: https://www.gov.br/antt/pt-br/assuntos/ultimas-noticias/novos-caminhos-sobre-trilhos-antt-apresenta-avancos-para-o-futuro-das-ferrovias-brasileiras. Acesso em: 23 set. 2026.

BRASIL. Lei nº 14.273, de 23 de dezembro de 2021. Estabelece a Lei das Ferrovias e dá outras providências. Diário Oficial da União: edição extra, Brasília, DF, 23 dez. 2021. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/l14273.htm. Acesso em: 23 set. 2026.

BRASIL. Ministério da Economia. Secretaria Especial de Produtividade e Competitividade. Secretaria de Desenvolvimento da Infraestrutura (SDI/ME). Guia geral de análise socioeconômica de custo-benefício de projetos de investimento em infraestrutura. Versão 2. Brasília, DF: Ministério da Economia, out. 2021.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Plano Nacional de Logística 2050. 1. ed. Brasília, DF: Ministério dos Transportes, ago. 2026a. Disponível em: https://pit.infrasa.gov.br/etapas-do-pit/lancamentopnl2050/. Acesso em: 23 set. 2026.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Ministério dos Transportes apresenta na B3 carteira para reativar ferrovias ociosas e implantar terminais logísticos. Brasília, DF, 15 set. 2026b. Disponível em: https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/noticias-/2026/09/ministerio-dos-transportes-apresenta-na-b3-carteira-para-reativar-ferrovias-ociosas-e-implantar-terminais-logisticos. Acesso em: 23 set. 2026.

BROMAN, E.; ELIASSON, J.; ARONSSON, M. Efficient capacity allocation on deregulated railway markets. Journal of Rail Transport Planning & Management, v. 21, art. 100294, 2022. DOI: 10.1016/j.jrtpm.2021.100294.

EUROPEAN COMMISSION. Commission Regulation (EU) 2026/562 of 16 March 2026 declaring certain categories of aid in the rail, inland waterways and multimodal transport sector compatible with the internal market. Official Journal of the European Union, 30 Mar. 2026. ELI: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2026/562/oj. Acesso em: 23 set. 2026.

GARCÍA-RÓDENAS, R.; CODINA, E.; CADARSO, L.; LÓPEZ-GARCÍA, M. L.; MARTÍN-BAOS, J. A. A model for pricing freight rail transport access costs: economic and environmental perspectives. arXiv, arXiv:2504.04257v1, 5 Apr. 2025.

UNITED KINGDOM. Department for Transport. Guide to the Mode Shift Revenue Support (MSRS) Scheme. London: Department for Transport, jan. 2026a. Disponível em: https://assets.publishing.service.gov.uk/media/69d647163cf9187b7a07b9e5/guide-to-the-mode-shift-revenue-support-msrs-scheme.pdf. Acesso em: 23 set. 2026.

UNITED KINGDOM. Department for Transport. Mode Shift Revenue Support and Waterborne Freight Grant applications: overview. London: Department for Transport, 2026b. Atualizado em: 5 jun. 2026. Disponível em: https://www.gov.uk/government/publications/department-for-transport-delivers-more-grant-funding-to-transport-freight-by-rail/mode-shift-revenue-support-and-waterborne-freight-grant-applications-and-background-information. Acesso em: 23 set. 2026.

UNITED KINGDOM. Department for Transport; SYSTRA. Dartmoor Line: Early Impact Evaluation. London: Department for Transport, mar. 2025. Publicado em: 25 set. 2025.

UNITED STATES. Federal Railroad Administration (FRA). Consolidated Rail Infrastructure and Safety Improvements (CRISI) Program. Washington, DC: FRA, 2026. Disponível em: https://railroads.dot.gov/grants-loans/consolidated-rail-infrastructure-and-safety-improvements-crisi-program. Acesso em: 23 set. 2026.