

SEGUNDO RELATÓRIO

**Gargalos, soluções e perspectivas de longo prazo
para a Infraestrutura de Transportes no Brasil**

Plano Nacional de Logística (PNL) 2050

SETEMBRO/2025

SEGUNDO RELATÓRIO DA PESQUISA PNL 2050

Sumário

INTRODUÇÃO.....	8
REFERENCIAL TEÓRICO	9
METODOLOGIA.....	11
Identificação dos Entrevistados.....	12
Cenário -A: Reconstrução Histórica e Forecasting Técnico	15
Cenário A: Validação do Diagnóstico com Entrevistas	16
Cenário B: Estratégia Clássica para Cenários e Objetivos Conhecidos.....	18
Cenário C: Novas Competências e Capacidades Estruturantes.....	20
Cenário D: Sinais Fracos, Rupturas e Vigilância	22
RESULTADOS.....	24
DISCUSSÃO DA VALIDAÇÃO DOS INSUMOS TÉCNICOS DO PIT	25
Ajuste dos Mapas de Carregamento	25
Feedback Geral	26
Agropecuária e Alimentos	27
Bens de Consumo e Manufaturados	31
Outras Cargas Gerais e Outros Granéis Sólidos Minerais.....	34
Cimento e Siderúrgicos.....	38
Combustíveis	40
Minérios.....	42
Produtos Florestais.....	44
Químicos.....	46
Ajustes dos Mapas de Saturação.....	49
Acessos Portuários.....	49
Centros Urbanos	51
Corredores de Exportação	52
Fluxos Gerais.....	54
Fluxos Regionais	55
DISCUSSÃO DOS GARGALOS.....	57
Custos	57

Infraestrutura Precária	59
Hidrovias	61
Portos	63
Rodovias (estado de conservação)	64
Rodovias (saturação e capacidade)	65
Conflitos Urbanos	66
Ferrovias — Acesso às existentes (capacidade/operacionalidade).....	67
Ferrovias — Ausência de trechos/conexões	69
Conectividade	70
Aeroportos.....	71
Infraestrutura de Apoio	73
Mão de Obra e Frota	74
Multimodalidade	76
Plano de Estado e Implementação	81
Burocracia.....	85
Segurança	87
Conclusão da Discussão dos Gargalos	91
DISCUSSÃO DAS SOLUÇÕES.....	92
Soluções: Concessões	93
Soluções: Financiamentos e Investimentos	96
Soluções: Incentivos	98
Soluções: Infraestrutura	100
Soluções: Inovação, Tecnologia e Digitalização.....	104
Soluções: Mão de Obra	107
Soluções: Multimodalidade	109
Soluções: Plano de Estado e Implementação.....	111
Soluções: Regulação e Simplificação	113
Soluções: Segurança	115
Soluções: Sustentabilidade.....	117
CONCLUSÃO.....	118
Cenário -A: construção da linha de base que alimenta o diagnóstico	119
Cenário A: validação do diagnóstico presente com stakeholders.....	120
Cenário B: melhorando o que já conhecemos	121
Cenário C: desenvolvendo novas competências	125

Cenário D: antecipando tendências	130
Recomendações	134
REFERÊNCIAS	136

Lista de Tabelas

Tabela 1: Grupos de Cargas, Regiões e TU	13
Tabela 2: Grupos de Cargas Seleccionados	14
Tabela 3: Regiões Seleccionadas	14
Tabela 4: Grupos de atores entrevistados	15
Tabela 5: Ajustes - Feedbacks Gerais	26
Tabela 6: Ajustes - Agropecuária e Alimentos	29
Tabela 7: Ajustes - Bens de Consumo e Manufaturados	33
Tabela 8: Ajustes - Cargas Gerais	35
Tabela 9: Ajustes - Construções e Siderúrgicos	39
Tabela 10: Ajustes - Energia e Combustíveis	41
Tabela 11: Ajustes - Minérios	43
Tabela 12: Ajustes - Produtos Florestais	45
Tabela 13: Ajustes - Químicos	48
Tabela 14: Ajustes - Acessos Portuários	50
Tabela 15: Ajustes - Centros Urbanos	52
Tabela 16: Ajustes - Corredores de Exportação	53
Tabela 17: Ajustes - Fluxos Gerais	54
Tabela 18: Ajustes - Fluxos Regionais	56
Tabela 19: Gargalos - Custos	58
Tabela 20: Gargalos - Infraestrutura Precária	60
Tabela 21: Hidrovias: corredores/ativos citados, problemas e indicações	62
Tabela 22: Portos: ativos citados, problemas e indicações	63
Tabela 23: Rodovias (estado de conservação): trechos citados, problemas e indicações	64
Tabela 24: Rodovias (saturação/capacidade): trechos citados, problemas e indicações	65
Tabela 25: Conflitos Urbanos: locais/ativos citados, problemas e indicações	67
Tabela 26: Ferrovias (acesso às existentes): problemas e indicações	68
Tabela 27: Ferrovias (ausência de trechos/conexões): lacunas citadas, efeitos e indicações	69
Tabela 28: Conectividade: locais/ativos citados, problemas e indicações	70
Tabela 29: Aeroportos: ativos citados, problemas e indicações	72
Tabela 30: Infraestrutura de apoio apontadas	73
Tabela 31: Gargalos – Mão de Obra	75
Tabela 32: Gargalos - Multimodalidade	79
Tabela 33: Corredores e interfaces multimodais citados	80
Tabela 34: Gargalos - Plano de Estado	83
Tabela 35: Processos que complicam a implementação de projetos de impacto	83
Tabela 36: Intervenções regulatórias correspondentes	84
Tabela 37: Gargalos - Regulação e Burocracia	85
Tabela 38: Processos/documentos com problemas (por modal)	86
Tabela 39: Intervenções regulatórias/operacionais correspondentes	87
Tabela 40: Gargalos - Segurança	87
Tabela 41: Segurança — corredores/ativos citados (exemplos acionáveis)	89
Tabela 42: Soluções - Concessões	94
Tabela 43: Soluções - Financiamentos e Investimentos	97

Tabela 44: Soluções - Incentivos	99
Tabela 45: Soluções - Infraestrutura	101
Tabela 46: Soluções de infraestrutura por corredor (vinculadas aos gargalos)	102
Tabela 47: Soluções - Inovação, Tecnologia e Digitalização	105
Tabela 48: Soluções - Mão de Obra	108
Tabela 49: Soluções - Multimodalidade	110
Tabela 50: Soluções - Plano de Estado	113
Tabela 51: Soluções - Regulação e Simplificação	114
Tabela 52: Soluções - Segurança	115
Tabela 53: Política pública para monitoramento e rastreio	116
Tabela 54: Soluções - Sustentabilidade	118
Tabela 55: FBV - Cenário B	123
Tabela 56: FBV - Cenário C	128
Tabela 57: FBV - Cenário D	132

Gargalos, soluções e perspectivas de longo prazo para a Infraestrutura de Transportes no Brasil

Resumo

Planos nacionais de logística costumam esbarrar no hiato entre modelos robustos e entrega efetiva de serviços. Este estudo integra o *forecasting* técnico do Plano Integrado de Transportes (PIT) — matrizes OD, alocação em rede e indicadores de carregamento/saturação — a uma investigação qualitativa estruturada com atores do ecossistema logístico, operacionalizada pelo metamodelo Future-Based View (FBV). O desenho combina análise de rede e leitura interpretativa (codificação aberta/axial e análise do discurso) para transformar evidências em rotas de execução. O *corpus* empírico abrange 76 entrevistados de 51 organizações (junho–julho/2025), resultando na indicação de 274 gargalos, 187 feedbacks aos mapas do PIT e 306 propostas de solução. A FBV organiza a passagem do presente (A) para futuros prováveis via *exploitation* (B) e para trilhas de competências via *exploration* estruturada (C), mantendo vigilância para sinais fracos (D). O estudo entrega: (i) ajustes verificáveis nos produtos do PIT por macro produtos e corredores; (ii) uma carteira priorizada de “quick wins” que reduzem minutos e variância em pontos de alta materialidade; e (iii) programas de capacidades — dados e interoperabilidade (*single window*, *time-slotting*), governança contratual orientada a desempenho, e qualificação/retenção de equipes — como pré-condições para sustentação dos ganhos. As contribuições são conceituais (arcabouço integrador ancorado em custo generalizado e capacidades), metodológicas (protocolo replicável que acopla modelos e validação setorial) e empíricas (evidências auditáveis para decisão pública e privada).

Palavras-chave: PNL 2050, logística e intermodalidade, custo generalizado e confiabilidade, priorização de investimentos, capacidades dinâmicas e *Future-Based View*, *forecasting* e *foresight*, execução estratégica no Brasil

INTRODUÇÃO

A competitividade logística brasileira depende menos de slogans e mais de uma capacidade concreta de reduzir minutos, filas e variância nos trechos e interfaces onde circula a maior parte do valor econômico do País. Na elaboração do PNL 2050, a Etapa Diagnóstico do plano oferece uma base técnico-quantitativa para esse desafio — matrizes OD, alocação em rede e indicadores de carregamento/saturação — mas transformar diagnóstico em entrega requer complementar essa base com validação junto aos usuários do sistema, leitura institucional e desenho de rotas de execução. É esse hiato entre “o que os modelos mostram” e “o que o sistema consegue entregar” que esta pesquisa busca endereçar.

Partimos de um princípio operacional simples: tempo e confiabilidade têm preços. Atrasos e variância se propagam como um *ad valorem* invisível sobre cadeias produtivas, especialmente nas interfaces porto–hinterlândia, nós urbanos e corredores de exportação. No Brasil, onde a matriz é rodoviário-intensiva e a governança é fragmentada, esse “preço do tempo” emerge da interação entre gargalos físicos, fricções processuais, riscos de segurança e restrições de mão de obra. O PIT já captura a espinha dorsal dessa realidade; nossa contribuição é acoplar evidência em uso — o que agentes privados vivenciam diariamente — para calibrar prioridades e explicitar pré-condições de implementação.

A pesquisa adota a *Future-Based View* (FBV) como metamodelo de decisão e de ação. O FBV organiza a análise em quatro quadros interligados: passado estruturado (–A), presente diagnosticado (A), rotas de eficiência escaláveis (B) e rotas de novas competências (C), com um módulo de vigilância (D) para sinais fracos. Essa arquitetura permite ligar os produtos do PIT — mapas de carregamento e saturação — a uma carteira priorizada de ações factíveis e a programas de capacidades, com critérios explícitos de passagem de D→C→B e marcos de verificação.

Combinamos os artefatos do PIT (OD – rede – alocação e nível de serviço) com uma rodada qualitativa estruturada de entrevistas, conduzida pela Fundação Dom Cabral em coordenação com o Ministério dos Transportes: 76 pessoas de 51 organizações foram ouvidas em entrevistas on-line entre 03/06/2025 e 29/07/2025 (≈90 minutos em média), com transcrição, codificação aberta/axial e análise do discurso. O *pipeline* resultou em um repositório auditável de achados e propostas, ancorado em peças de estímulo derivadas do PIT e organizado para retroalimentar os cenários do FBV.

O *corpus* registrou 274 gargalos únicos, predominando “Infraestrutura Precária” (≈61%), seguidos por “Regulação e Burocracia” (≈24%), “Segurança” (≈10%) e “Multimodalidade” (≈6%). Os feedbacks aos mapas totalizaram 187 ocorrências (carregamento e saturação), e as 306 propostas de solução foram organizadas em uma matriz de priorização B (eficiência de curto/médio prazo) e trilhas C (novas competências), além de um radar D com sinais fracos relevantes. Esses números informam a seleção de *quick wins* (duplicações táticas, acessos portuários, janelas e coordenação, digitalização ponta a ponta, fiscalização orientada a risco) e delineiam programas estruturantes (acessos ferroviários/hidroviários, *single window* e interoperabilidade, modelos contratuais orientados a desempenho, qualificação e retenção de equipes).

Em termos conceituais, oferecemos um enquadramento integrador que conecta custo generalizado (tempo–variância–dispêndio), desenho de redes intermodais e governança regulatória a uma lógica de capacidades, útil para *sequencing* e coordenação multiagente. Em termos metodológicos, acoplamos a leitura OD – rede – alocação e nível de serviço do PIT a uma validação qualitativa replicável, aumentando a auditabilidade social das recomendações. Em termos empíricos, entregamos um conjunto verificável de ajustes nos produtos do PIT por macro produtos/corredores, uma carteira enxuta de objetivos B/C e um módulo D com indicadores

sentinela, explicitando condições de execução (dados, contratos, interoperabilidade, RH) e marcos de entrega.

A leitura integrada confirma que ganhos desproporcionais de bem-estar e competitividade vêm de intervenções cirúrgicas em corredores de alta materialidade, onde reduzir minutos e variância derruba o “imposto do tempo”. Também mostra que obras isoladas não bastam: sem governança informacional, arranjos contratuais críveis e rotinas de trabalho compatíveis, o ganho de capacidade não se converte em serviço percebido. Por fim, explicita que segurança e previsibilidade não são “externalidades”: atuam como determinantes econômicos da escolha modal e do custo efetivo do comércio.

Para viabilizar os objetivos aqui pretendidos, este relatório é organizado da seguinte forma: o Capítulo 2 sintetiza o Referencial Teórico que sustenta nossos critérios de diagnóstico, priorização e *sequencing*. O Capítulo 3 descreve a metodologia e a operacionalização do FBV. O Capítulo 4 apresenta os Resultados (gargalos, validação de mapas e propostas). Os Capítulos 5 e 6 aprofundam a Discussão por Eixos e a Validação dos insumos do PIT, e os capítulos subsequentes consolidam a carteira B/C, os sinais D e os roadmaps regulatórios e de governança para viabilização.

REFERENCIAL TEÓRICO

A literatura contemporânea em economia dos transportes, organização de cadeias e governança de infraestrutura converge em um mecanismo simples: o desempenho logístico se transmite à competitividade por meio do custo generalizado — combinação de dispêndios monetários, tempo e, sobretudo, variância do tempo de trânsito. Quando portos, acessos e serviços reduzem minutos e incerteza, o “preço efetivo” do comércio cai e fluxos se expandem; quando a infraestrutura é precária ou mal coordenada, o efeito é o oposto. Evidências estruturais mostram a relevância de infraestrutura e de sua qualidade institucional para os custos de transporte (Limão & Venables, 2001) e documentam que ganhos de eficiência portuária se traduzem em custos marítimos menores e comércio maior (Clark et al., 2004). Em mercados tempo-sensíveis, o tempo opera como um preço: atrasos e variabilidade têm equivalentes *ad valorem* mensuráveis (Hummels & Schaur, 2013). Esses resultados dialogam com diagnósticos de desempenho sistêmico como o Logistics Performance Index, que associam conectividade e previsibilidade a melhores resultados econômicos (World Bank, 2023).

Do ponto de vista analítico, a representação do sistema como rede multimodal com matrizes origem-destino e alocação por custo generalizado fornece uma base auditável para diagnóstico e priorização. Modelos que utilizam fretes observados como aproximação do preço percebido capturam escolhas reais dos agentes, evitando parametrizações *ad hoc* (Ortúzar & Willumsen, 2011; Tavasszy & de Jong, 2014). Para capacidade e nível de serviço, práticas consolidadas — razão volume/capacidade, critérios do Highway Capacity Manual — permitem ler congestionamentos e seus impactos de maneira comparável (Transportation Research Board, 2022; Small & Verhoef, 2007).

A performance, entretanto, não é função apenas da infraestrutura física. Cadeias contemporâneas são intermodais e dependem da coordenação entre nós. A “regionalização portuária” reposiciona o porto como nó de uma rede estendida de hinterlândia: acessos ferroviários e rodoviários dedicados, *dry ports* e terminais interiores determinam a confiabilidade porta-a-porta (Notteboom & Rodrigue, 2005). A engenharia de serviços intermodais mostra que *bundling* de fluxos, janelas e sincronização modal viabilizam economias de

densidade e reduzem esperas (Crainic, 2000; Caris, Macharis, & Janssens, 2014). Estudos urbanos e regionais, por sua vez, explicam como acessos ineficientes, gargalos locais e falhas de integração ampliam distâncias econômicas mesmo quando a infraestrutura “macro” existe (Raimbault, 2019; Witte et al., 2014). A implicação é clara: intervenções técnicas precisam vir acopladas a arranjos de coordenação para que o ganho de capacidade potencial se converta em confiabilidade percebida.

Esse acoplamento remete à dimensão institucional. Investimentos privados e decisões operacionais respondem a incentivos regulatórios e previsibilidade contratual. Ambientes com regras críveis e estáveis reduzem custos de transação e viabilizam compromissos de longo prazo (Levy & Spiller, 1994); na regulação de serviços públicos, o desenho de incentivos e a alocação de riscos importam para produtividade e bem-estar (Estache & Wren-Lewis, 2009). Em PPPs, a literatura demonstra que a alocação de riscos deve seguir a capacidade relativa de gestão e controle para evitar renegociações disfuncionais e promessas não verificáveis (Engel et al., 2013). No comércio exterior, *single window* e governança de dados reduzem fricções burocráticas e tempos em fronteira (UNECE/UN-CEFACT, Rec. 33). Guias metodológicos para avaliação de projetos — como o TAG do Department for Transport — e diretrizes de política regulatória (OECD, 2018; 2021/2023) convergem no realismo analítico: transparência de hipóteses, mensuração de resultados e auditoria independente.

A digitalização torna exequível o que a teoria prescreve. Integração de dados, *time-slotting*, rastreamento e fiscalização orientada a risco sincronizam capacidade e reduzem variância, não apenas médias. A evidência sugere que *big data analytics* atua por meio de capacidades dinâmicas que permitem detectar, decidir e reconfigurar rapidamente (Wamba et al., 2017). O ganho central não é “tecnologia por tecnologia”, mas governança informacional: padrões, compartilhamento seletivo e rotinas operacionais que transformam dados em janelas, janelas em previsibilidade, e previsibilidade em custo efetivo menor ao longo da rede.

A entrega de capacidade também depende de trabalho e rotinas organizacionais. Meta-análises ligam capital humano a desempenho das firmas (Crook et al., 2011); em operações intensivas em segurança e regularidade — aeroportos, terminais, *gate operations* — estudos recentes enfatizam contratação, retenção e programação de equipes, com apoio de digitalização do trabalho, como determinantes de confiabilidade (Thums et al., 2023; Wandelt & Wang, 2024). Na prática, investimentos em infraestrutura, sem rotinas e competências que sustentem operação e manutenção, não se traduzem em serviço.

Outro eixo é risco e segurança. Corredores e cargas de alto valor são sensíveis a furtos e violência; a criminologia ambiental oferece mecanismos testáveis para prevenção situacional e desenho de pontos de parada seguros (Cohen & Felson, 1979; Clarke, 1997). Em cadeias sujeitas a choques, resiliência exige redundâncias e governança interorganizacional (Christopher & Peck, 2004); no transporte de produtos perigosos, protocolos de risco e localização minimizam externalidades (Erkut, Tjandra, & Verter, 2007). Esses elementos são econômicos, não apenas “policiais”: perdas, seguros, rotas alternativas e tempos de inatividade alimentam o custo generalizado (Guo & Luo, 2022).

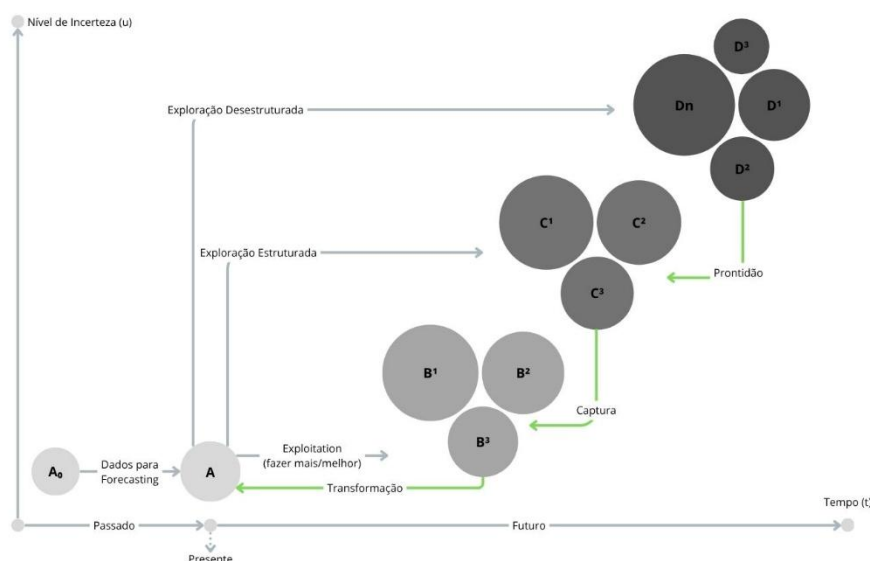
Em paralelo, o campo de grandes projetos alerta para viés sistemático: custos subestimados, demanda superestimada e prazos otimistas (Flyvbjerg et al., 2013a; 2013b). O antídoto é sequenciamento com marcos verificáveis, avaliação independente e métricas públicas de desempenho. A Nova Geografia Econômica, por sua vez, mostra que melhorias de conectividade têm efeitos de equilíbrio geral sobre localização, produtividade e bem-estar (Redding & Turner, 2015; Allen & Arkolakis, 2022). O ponto de encontro entre essas literaturas é uma priorização de alta materialidade: atacar gargalos que concentram fluxo e entregar confiabilidade onde a elasticidade de resposta é maior.

Metodologicamente, este relatório se ancora em duas tradições complementares. A primeira é quantitativa-estrutural: OD – rede - alocação, níveis de serviço e custos generalizados (Ortúzar & Willumsen, 2011; Tavasszy & de Jong, 2014; TRB, 2022). A segunda é qualitativa-interpretativa: codificação aberta/axial e análise crítica do discurso para captar condicionalidades institucionais, gargalos operacionais e sinais emergentes que os modelos não enxergam sozinhos (Strauss & Corbin, 1998; Braun & Clarke, 2006; Wodak & Meyer, 2015; Saldaña, 2021). A triangulação entre essas lentes evita tanto o tecnicismo desancorado quanto o anedotário setorial: modelos informam as entrevistas; as entrevistas recalibram os modelos.

Para fechar o ciclo entre diagnóstico e execução, adotamos a *Future-Based View* (FBV) como metamodelo integrador. A FBV organiza o tempo em A₀ (passado estruturado), A (presente), B (futuros prováveis por exploitation) e C (futuros emergentes por exploration estruturada), mantendo vigilância para D (sinais fracos e disrupções). O movimento *sensing–seizing–transforming* (Teece, 2007) conecta a validação do “A” (mapas do PIT e evidências operacionais) à seleção de *quick wins* em “B” e ao desenho de programas de capacidade em “C” — dados, governança, interoperabilidade e RH — que viabilizam a migração de temas D→C→B (Rohrbeck & Kum, 2018; Wright & Cairns, 2011; Voros, 2003; Day & Schoemaker, 2005; Hiltunen, 2008; Mendonça et al., 2004). Na prática, a FBV fornece critérios operacionais para priorizar o que reduz minutos e variância onde a materialidade é maior, ao mesmo tempo em que explicita pré-condições para que recomendações deixem o papel.

METODOLOGIA

Este capítulo apresenta a arquitetura metodológica do estudo, ancorada na *Future-Based View* (FBV) como metamodelo de pesquisa e de ação. A FBV é aqui operacionalizada como um arcabouço de *foresight* orientado a competências (*capability-based*), que articula quatro “quadros temporais” interligados: passado (Cenário –A), presente diagnosticado (Cenário A), rotas de eficiência e escala (Cenário B), rotas de geração de novas competências (Cenário C) e vigilância de sinais fracos (Cenário D). O ciclo metodológico busca (i) reconstruir o passado e projetar tendências (–A), (ii) validar o diagnóstico do presente com atores do ecossistema (A), (iii) priorizar soluções incrementais e ganhos de eficiência (B), (iv) desenhar trajetórias de capacidades para inovações institucionais, tecnológicas e infraestruturais (C) e (v) instituir mecanismos de varredura e aprendizado para sinais fracos e potenciais disrupções (D), retroalimentando continuamente o modelo. Esse desenho alinha-se às melhores práticas de *foresight* e planejamento por cenários (Rohrbeck & Kum, 2018; Wright & Cairns, 2011).



Fonte: elaborado por Athos Carlos Silva (2025)

Operacionalmente, combinamos modelagem quantitativa — matrizes origem-destino (OD), alocação em rede e mapas de carregamento/saturação (nível de serviço) — com pesquisa qualitativa estruturada — amostragem intencional, entrevistas semiestruturadas, codificação axial, análise de discurso, triangulação e mensuração por escalas Likert. A base quantitativa deriva do PNL 2050 em elaboração (modelos de alocação, corredores e saturação), incluindo inovações como a utilização de frete observado para representar custos generalizados e a seleção de corredores por clusterização (*k-means*); a base qualitativa foi concebida para validar o diagnóstico, ajustar projeções e coletar propostas de solução e sinais emergentes em diferentes horizontes (curto, médio e longo prazos).

A seguir, detalhamos o método de identificação dos entrevistados e os procedimentos adotados em cada subcapítulo-cenário (–A, A, B, C e D), explicitando entradas de dados, técnicas analíticas, critérios de qualidade e produtos intermediários.

Identificação dos Entrevistados

Para obter os resultados esperados pela pesquisa, foi desenhada nova estratégia de amostragem, a fim de buscar atores com maior capacidade de avaliação do diagnóstico da logística nacional a partir de suas experiências práticas. De início, foram definidos grupos de atores em que seriam selecionados empresas e associações específicas para as entrevistas. Ao contrário da primeira pesquisa, focada na entrevista de embarcadores, dessa vez, para avaliação do diagnóstico, focou-se em uma lista mais abrangente de atores, para que fossem captadas informações mais variadas sobre a situação da logística nacional.

Nesse sentido, a seleção foi feita para três tipos de atores: (i) operadores logísticos e transportadores, (ii) gestores de infraestrutura e (iii) embarcadores, sendo que em muitos casos (principalmente para o setor portuário e ferroviário), os grupos (i) e (ii) são representados por mesmos atores. Para seleção dos atores do

grupo (iii), foram selecionados atores já entrevistados no primeiro ciclo de entrevistas que possuíam maior representatividade e que demonstraram maior capacidade de contribuição (em geral, associações representativas), além de atores buscados no primeiro ciclo que não puderam responder àquela pesquisa.

Já para os atores dos grupos (i) e (ii), seguiu-se nova estratégia estatística de amostragem, além de análises setoriais específicas de relevância. Primeiro, identificamos previamente os pares grupo de carga × macrorregião com maior relevância em toneladas úteis (TU) na base 2023 do PIT. As participações relativas foram usadas para ordenar os pares e aplicar o Princípio de Pareto, priorizando o conjunto mínimo capaz de cobrir a maior parte do movimento nacional. O resultado dessa priorização — que atinge aproximadamente 87% do total — orientou toda a estratégia de engajamento com operadores.

A Tabela a seguir apresenta a lista priorizada de pares grupo de carga × macrorregião, com os totais em TU, a participação percentual e a participação acumulada. Este recorte serviu de base objetiva para direcionar convites e assegurar que a validação cobrisse, de fato, os fluxos mais relevantes do sistema.

Tabela 1: Grupos de Cargas, Regiões e TU

Grupo de Carga	Macrorregião	total (TU) em 2023	%	%acc
CGC	SE	364,910,500	23%	23%
CGC	S	162,396,028	10%	34%
CGNC	SE	155,574,344	10%	43%
GSA	CO	148,734,096	9%	53%
GL	SE	148,662,191	9%	62%
GSA	S	94,567,157	6%	68%
CGC	NE	79,732,947	5%	73%
GSA	SE	62,147,222	4%	77%
OGSM	SE	53,607,254	3%	81%
CGNC	S	44,229,462	3%	84%
GL	S	38,659,182	2%	86%
CGC	CO	37,597,729	2%	88%
OGSM	S	36,875,586	2%	91%
OGSM	N	22,474,105	1%	92%
GL	NE	19,856,665	1%	94%
GSA	NE	18,796,795	1%	95%
CGC	N	16,240,570	1%	96%
CGNC	NE	13,736,069	1%	97%
OGSM	CO	13,726,037	1%	97%
GSA	N	12,090,332	1%	98%
GL	CO	11,098,394	1%	99%
OGSM	NE	6,790,979	0%	99%
CGNC	CO	5,953,750	0%	100%
CGNC	N	3,240,696	0%	100%
GL	N	408,928	0%	100%

Fonte: FDC (2025)

Como se observa, poucas combinações concentram a maior parcela do movimento. A partir desse ranking, estabelecemos os alvos de cobertura para que os perfis entrevistados representassem, de forma proporcional, as cadeias logísticas com maior impacto no país. A Tabela seguinte resume a composição por

grupos de carga priorizados, evidenciando a predominância de cargas gerais e granel sólido agrícola entre os recortes selecionados.

Tabela 2: Grupos de Cargas Selecionados

Grupos de cargas selecionados	%
CGC	42%
CGNC	10%
GSA	19%
GL	11%
OGSM	5%

Fonte: FDC (2025)

Essa composição orientou a seleção de embarcadores setoriais com forte exposição a CGC e GSA, equilibrada por atores relevantes em CGNC, GL e OGSM para garantir diversidade de perspectivas sobre gargalos e prioridades. Já a tabela seguinte apresenta a distribuição regional do recorte priorizado, indicando a centralidade do eixo Sudeste e Sul, seguida pelo Centro-Oeste, compatível com a organização espacial dos fluxos.

Tabela 3: Regiões Selecionadas

Regiões selecionadas	%
SE	50%
S	16%
CO	12%
NE	6%
N	2%

Fonte: FDC (2025)

Com base nessa distribuição, estruturamos a lista de operadores por modo (rodoviário, ferroviário, hidroviário, cabotagem, navegação de longo curso, portuário e aeroviário), verificando iterativamente a cobertura dos pares priorizados até atender ao patamar de aproximadamente 87%. Além disso, buscou-se representatividade mínima de cada setor, misturando a seleção de empresas e associações representativas em cada uma delas. Analisando a lista de entrevistados final, pode-se a distribuição de atores por grupo e modo de transporte predominante:

Tabela 4: Grupos de atores entrevistados

Grupo	Número de atores
Operadores/gestores de infraestrutura	36
Operadores/gestores de infraestrutura rodoviária	11
Operadores/gestores de infraestrutura portuária	8
Operadores/gestores de infraestrutura ferroviária	5
Operadores de cabotagem e/ou navegação de longo curso	4
Operadores de navegação interior	3
Operadores multimodais ¹	3
Operadores aeroviários	2
Embarcadores	12
TOTAL	51²

Fonte: FDC (2025)

Os convites foram enviados com carta do Ministério dos Transportes e nota metodológica sintética, de modo que cada instituição indicasse representantes com aderência técnica ao escopo da validação.

Cenário -A: Reconstrução Histórica e Forecasting Técnico

No arcabouço da *Future-Based View* (FBV), o Cenário –A cumpre o papel de análise do histórico que visa proporcionar uma “base estável” sobre a qual os demais cenários são construídos. Nesta etapa, sistematizamos a “fotografia” recente do sistema logístico brasileiro e organizamos os insumos quantitativos que ancoram as etapas de validação e priorização subsequentes. O procedimento adotado foi descritivo e documental: partimos dos documentos do PIT/PNL 2050 (notas metodológicas, mapas de carregamento e saturação, e lógica de corredores) e os reempacotamos em peças analíticas auditáveis para uso nas entrevistas e nos exercícios de calibração qualitativa, sem reestimar modelos ou alterar parâmetros de alocação.

A lógica quantitativa mobilizada é a consagrada na literatura de modelagem de transportes: matrizes origem-destino (OD) por grupos de carga (demanda), rede multimodal com atributos operacionais (oferta) e alocação por custo generalizado (tempo e dispêndio monetário) para determinar a utilização dos arcos da malha (Ortúzar & Willumsen, 2011; Tavasszy & De Jong, 2014; de Jong et al., 2004). No diagnóstico do PNL/PIT, o componente monetário do custo generalizado é representado por preços de frete observados—em vez de custos contábeis—porque refletem melhor a escolha efetiva do usuário e são empiricamente acessíveis em bases administrativas setoriais. Essa opção é consistente com a literatura de demanda por frete, que recomenda aproximar o “preço percebido” na função de utilidade de embarcadores e operadores (de Jong et al., 2004; Small & Verhoef, 2007). A alocação dessas OD na rede produz campos de fluxo por arco divulgados como mapas de carregamento, cuja espessura é proporcional ao volume simulado (em toneladas úteis), com calibração cruzada a contagens e estatísticas operacionais.

Para a análise de saturação viária, a metodologia reportada pelo plano calcula, no caso rodoviário, a razão volume/capacidade (v/c) no trimestre de pico, incorporando sazonalidade explícita; valores acima de limiares

¹ Outros atores entrevistados são operadores multimodais, mas três associações entrevistadas representavam atores de diversos modos e, portanto, foram consideradas para esta categorização como multimodais.

² Foram realizadas, no total, 46 entrevistas. Porém, algumas entrevistas foram realizadas com mais de uma organização de maneira simultânea, totalizando assim 51.

(p. ex., 0,75) sinalizam situações críticas. Esse procedimento está alinhado às práticas de desempenho de rede e nível de serviço largamente difundidas (TRB, 2022) e, do ponto de vista de diagnóstico macro, é compatível com a leitura de gargalos por restrição de capacidade e variância de tempo (de Jong et al., 2004; Tavasszy & De Jong, 2014).

A partir desses insumos, foram conduzidos três movimentos, com rastreabilidade técnica e padronização visual. Primeiro, foram harmonizados taxonomias e recortes (macrocategorias de produto, modos e regiões), assegurando consistência entre tabelas e figuras. Em seguida, a reconciliação da informação OD com a malha alocada (*link-level*), garantindo que a soma dos fluxos por arco fosse coerente com os totais por macro produto e corredor. No terceiro, foram gerados e apresentados aos entrevistados os mapas padronizados — mapas de carregamento por produto/corredor e mapas de saturação rodoviária — usando a mesma base cartográfica e a mesma legenda, de modo a facilitar comparações e a validação visual entre setores. Essa estratégia segue a recomendação clássica de que a comunicação de resultados de modelos de transporte deve explicitar convenções, incertezas e unidades, de forma a permitir validação externa e auditabilidade (Ortúzar & Willumsen, 2011; de Jong et al., 2004).

Do ponto de vista instrumental, adotou-se um fluxo leve e reproduzível. Rotinas em script (R) padronizaram rótulos, fizeram agregações e geraram mapas de carregamento e de saturação, preservando a mesma base, escala e paleta para garantir comparabilidade entre corredores e produtos. Sempre que necessário, realizou-se a composição de recortes/legendas no ambiente cartográfico adotado pela equipe.

Metodologicamente, o Cenário –A entrega uma linha de base construída com análise do histórico ao mesmo tempo que é empiricamente informada e teoricamente ancorada. Empiricamente informada porque deriva de um *pipeline* consolidado de OD – rede – alocação – saturação exclusivamente para o modal rodoviário nesta etapa, utilizando V/C em pico como medida de desempenho. Teoricamente ancorada porque se apoia em pilares bem estabelecidos da modelagem de transporte de cargas (utilidade com custo generalizado, calibração com dados observados, leitura de desempenho por capacidade e confiabilidade). Esse arranjo é o que dá tração às etapas seguintes da FBV: um Cenário A capaz de discutir a aderência do diagnóstico “como está”, um Cenário B orientado ao desenvolvimento de planos que visam ganhos de eficiência sobre a base existente, um Cenário C voltado à introdução de novas competências (ativos, tecnologias e governança) e um Cenário D dedicado ao monitoramento de sinais fracos e possíveis disrupções. Dessa forma, a construção do Cenário –A também viabilizou a identificação e o mapeamento dos players de interesse para a participação desta pesquisa.

Cenário A: Validação do Diagnóstico com Entrevistas

No Cenário A, passamos do “retrato” histórico-diagnóstico (Cenário –A) para a validação empírica com atores do setor de logística e transporte. Conduzimos entrevistas semiestruturadas e análise de discurso, com quantificação leve (escores tipo Likert e contagens) para priorizar gargalos e ajustar os insumos gerados a partir do PIT/PNL 2050. Toda a discussão foi ancorada em mapas padronizados de carregamento e de saturação rodoviária, com base cartográfica e legenda idênticas para permitir comparação e validação visual entre corredores e produtos. No bloco A1, reportamos a validação técnico-visual dos mapas; no bloco A2, reportamos a priorização de gargalos percebidos. Os resultados de A1 e A2 são apresentados separadamente na seção de resultados, evitando confluir validação cartográfica com prioridades de intervenção.

De um lado, no bloco A1, conduzimos a validação técnico-visual dos materiais do diagnóstico — exclusivamente os mapas padronizados de carregamento e de saturação rodoviária — para identificar convergências e discrepâncias à luz das evidências apresentadas, em linha com o princípio de triangulação e de verificação externa (Denzin, 1978; Lincoln & Guba, 1985). De outro, no bloco A2, realizamos a elicitação e priorização de gargalos percebidos pelos participantes, preservando a natureza qualitativa do estudo, mas permitindo quantificação leve para ordenação (médias, medianas e IQR) onde isso se mostrava útil à decisão (Boone & Boone, 2012; Maxwell, 2013). Assim, a validação incide sobre as peças do diagnóstico (mapas), enquanto os gargalos refletem a percepção informada dos atores — inclusive quando diverge do que os mapas conseguem mostrar, dado o escopo e as limitações dos insumos apresentados — apoiando-se em entrevistas semiestruturadas e análise de discurso com codificação aberta/axial (Saldaña, 2021; Strauss & Corbin, 1998) e leitura crítica do posicionamento retórico (Fairclough, 2010; Gee, 2014).

As entrevistas foram gravadas e transcritas automaticamente com revisão humana subsequente. Os arquivos (áudio, transcrições e materiais de estímulo) foram pseudonimizados (identificadores do tipo USI/FSI/ASI) e organizados em repositório com controle de acesso. Os materiais cartográficos e tabelas preparados no Cenário –A foram apresentados como “peças de estímulo”, ancorando a discussão em evidências e reduzindo vieses de recordação — procedimento alinhado a boas práticas de entrevista apoiada por artefatos para avaliação de modelos (Miles et al., 2014).

A análise combinou procedimentos qualitativos formais com resumos estatísticos:

1. **Codificação e construção de categorias:** Utilizamos NVivo 15 para codificação aberta e axial das transcrições, partindo de um *codebook* inicial (derivado dos eixos do diagnóstico e do roteiro) e permitindo códigos emergentes (Saldaña, 2021; Strauss & Corbin, 1998). A axialidade organizou relações entre gargalos (p. ex., custo/regulação/infraestrutura) e efeitos (tempo, confiabilidade, custo generalizado). Em etapas posteriores, tematizamos os códigos em blocos (Custos, Infraestrutura Precária, Mão de Obra, Multimodalidade, Plano de Estado, Regulação e Burocracia, Segurança), que sustentaram a estrutura de resultados.
2. **Análise do discurso:** Para qualificar a intensidade, a modalidade e a orientação argumentativa (validação, ceticismo, urgência), combinamos leitura interpretativa (Fairclough, 2010; Gee, 2014) com consultas do NVivo (frequências, *matrix coding queries*, *word trees*) e concordâncias KWIC produzidas via Python (rotinas com *pandas* para limpeza, *regex* para extração de trechos e contagem de intensificadores/modalizadores, e *networkx* para co-ocorrência entre códigos). Esse procedimento não visou “*sentiment analysis*” automatizada, mas triangulação discursiva para distinguir evidências convergentes (consensos fortes), cautelosas (reservas técnicas) e contestatórias.
3. **Quantificação leve e priorização:** Coletamos escores Likert de concordância/adequação em itens-chave (mapas/corredores) e prioridade de intervenção por tema/trecho. Computamos médias, medianas e intervalos interquartis (Boone & Boone, 2012) e, quando pertinente, o percentual de respondentes com escore ≥ 4 (5 pontos). Classificamos como “predominantemente alta” quando a maioria absoluta indicou 4–5 e a mediana ≥ 4 . Essa “quantificação leve” serviu para ordenar gargalos e distinguir ajustes cosméticos de recalibrações substantivas, preservando a natureza qualitativa do estudo (Maxwell, 2013).
4. **Triangulação com as peças do diagnóstico:** Cada achado foi referido de volta aos mapas/tabelas do Cenário –A. Quando havia discrepância, classificamos o caso como: (i) recalibrar (intensidade/espessura/participação modal), (ii) detalhar (camadas/filtros por tipo de carga/modo),

ou (iii) incluir (fluxos, eixos ou camadas ausentes). Essa lógica operacionalizou a validação como “*stress test*” do diagnóstico, coerente com princípios de verificação externa e triangulação metodológica (Denzin, 1978; Lincoln & Guba, 1985).

A validação técnico-visual dos materiais do diagnóstico gerou, primeiramente, uma tabela-síntese por tema/corredor que explicita convergências e discrepâncias e qualifica o tipo de ajuste necessário às peças (recalibrar, detalhar ou incluir), preservando auditabilidade e rastreabilidade conforme os princípios de triangulação e checagem por múltiplas fontes (Denzin, 1978; Lincoln & Guba, 1985). Em paralelo, a elicitación de gargalos percebidos produziu um ranking de prioridades (curto/médio prazo) derivado de quantificação leve aplicada aos itens indicados pelos entrevistados — não se trata, portanto, de nova validação cartográfica, mas de priorização de problemas informada por medidas descritivas parcimoniosas que respeitam a natureza qualitativa do desenho (Boone & Boone, 2012; Maxwell, 2013).

O corpo textual dessas prioridades foi consolidado em um mosaico discursivo que explicita porquês, condições e viabilidade operacional, ancorado em codificação aberta/axial e relações entre categorias (Saldaña, 2021; Strauss & Corbin, 1998) e em leitura crítica de modalizadores, intensificadores e disputas retóricas (Fairclough, 2010; Gee, 2014). Por fim, mantivemos um log de alterações que vincula cada ajuste às peças do diagnóstico que o originaram, permitindo reexecução e auditoria do fluxo. As saídas da validação alimentam o Cenário B ao converter discrepâncias diagnosticadas em ajustes operacionais; as prioridades de gargalos orientam o Cenário B com objetivos e prazos e sinalizam, quando exigem novas competências (ativo, tecnologia, governança), encaminhamentos para o Cenário C; e sinais fracos identificados no discurso foram catalogados para o Cenário D, mantendo o monitoramento prospectivo ativo.

Cenário B: Estratégia Clássica para Cenários e Objetivos Conhecidos

No Cenário B, a lógica da *Future-Based View* (FBV) desloca o foco da constatação para a ação eficiente sobre as condições existentes. Partimos do diagnóstico validado no Cenário A — mapas de carregamento e saturação, gargalos confirmados, ajustes propostos — e o traduzimos em uma carteira priorizada de intervenções de curto/médio prazo, isto é, soluções que aperfeiçoam a infraestrutura, a operação e a regulação já disponíveis, sem exigir novas competências estruturantes (que são matéria do Cenário C).

O objetivo metodológico do Cenário B foi conectar gargalos a mecanismos claros de ganho de desempenho — tempo de viagem, variância (confiabilidade), custo generalizado — sob as restrições físicas e institucionais vigentes. O princípio orientador foi *evidence-informed*: onde a literatura demonstra alta elasticidade do comércio e da produtividade em relação a tempo e confiabilidade (Hummels & Schaur, 2013; Djankov et al., 2010; Limão & Venables, 2001), priorizamos intervenções com rápida capacidade de reduzir minutos, filas e variância em corredores críticos, incluindo acessos portuários e nós urbanos, bem como fricções processuais (licenças, inspeções, janelas) que inflacionam o custo generalizado (Clark et al., 2004).

As entrevistas semiestruturadas entre os participantes foram desenhadas para ir além da validação e captar soluções operacionais: manutenção e duplicação tática de trechos, melhorias de acesso portuário, janelas e coordenação urbano-logística, digitalização ponta a ponta (eliminação de canhotos físicos, interoperabilidade fiscal/aduaneira), execução de obrigações contratuais (concessões), pontos de parada seguros e protocolos de policiamento orientado a risco. Cada proposta foi registrada com quatro metadados:

corredor/trecho, mecanismo de impacto (tempo, variância, custo), pré-requisitos (ex.: atos normativos, ajustes contratuais) e horizonte temporal.

As transcrições foram importadas para NVivo 15. Realizamos codificação aberta para identificar “propostas de solução” e codificação axial para ligar cada proposta ao gargalo correspondente (Strauss & Corbin, 1998; Saldaña, 2021). Em seguida, consolidamos as propostas por famílias de intervenção (operação/gestão; manutenção/pequenas obras; coordenação porto-cidade; digitalização/regulação), o que facilitou a leitura por política pública e por operador.

Empregamos rotinas em Python (*pandas*) para normalizar rótulos, detectar duplicatas semânticas (regras baseadas em *n-grams* e *fuzzy matching*) e vincular cada proposta a: (i) trechos com saturação (V/C) e carregamento elevados, conforme a base do PIT/PNL 2050; e (ii) citações exemplares do *corpus*, preservando rastreabilidade entre “solução” e “fala”. A tabela resultante funcionou como repositório auditável de propostas B, com IDs, campos preenchidos e trilha de edição.

A priorização foi conduzida por uma triagem heurística de três sinais, escolhida para ser transparente e replicável (sem pretender substituir uma análise custo-benefício formal):

1. Sinal 1 — Urgência e consenso dos entrevistados: Para cada gargalo/trecho, calculamos médias/medianas dos escores Likert de prioridade (escala 1–5) e a proporção de respostas ≥ 4 . Gargalos com mediana ≥ 4 e maioria absoluta ≥ 4 foram marcados como alta prioridade declarada (Boone & Boone, 2012).
2. Sinal 2 — Evidência objetiva de pressão na rede: Acionamos as métricas do diagnóstico: saturação rodoviária (V/C) no pico $\geq 0,75$ e/ou carregamento relativo elevado em arcos do corredor (PIT/ PNL 2050). Esse sinal distingue problemas sistêmicos de questões localizadas de menor impacto macro (TRB, 2022).
3. Sinal 3 — Intensidade discursiva e orientação pragmática: Utilizando consultas no NVivo (*matrix coding*, *word trees*) e extrações KWIC via Python (*regex*), qualificamos trechos com marcadores de urgência/prontidão (“imediato”, “colapsa”, “fila”, “janelas”, “gargalo crônico”, etc.), diferenciando “pedidos de princípio” de propostas acionáveis (Fairclough, 2010; Gee, 2014).

Classificamos como Camada 1 as ações cujo gargalo apresentou pelo menos dois sinais positivos (ex.: consenso alto + $V/C \geq 0,75$). Camada 2 recebeu um sinal consistente (tipicamente alta urgência ou V/C elevado). Camada 3 agrupou itens com evidência insuficiente ou dependentes de mudanças estruturais (remetidos ao Cenário C). Essa triagem é coerente com recomendações de MCDA leve para portfólios sob restrição de dados (Belton & Stewart, 2002), sem alegarmos uso de AHP/MAUT.

Para cada item das Camadas 1 e 2, sistematizamos uma Tabela-Matriz de Soluções, reunindo em colunas padronizadas: (i) objetivo operacional (e.g., “reduzir tempo e variância no acesso ao Porto X em hora de pico por meio de...”), (ii) mecanismo causal esperado (como a ação reduz tempo/variância/custo generalizado), (iii) pré-requisitos e riscos (licenciamento, coordenação interagências, restrições contratuais), (iv) horizonte de implementação (curto/médio) e atores responsáveis (operador, gestor público), e (v) evidências de apoio (citações anônimas das entrevistas e referência ao mapa de saturação/carregamento pertinente do PNL/PIT). Sempre que pertinente, ancoramos a plausibilidade na literatura internacional — p.ex., ganhos de eficiência portuária associam-se a quedas de frete e “encurtamento econômico” de distância (Clark et al., 2004), e melhorias em confiabilidade/tempo têm efeito *ad valorem* relevante sobre competitividade (Hummels & Schaur, 2013; Limão & Venables, 2001).

Cada linha da Tabela-Matriz referencia explicitamente o trecho/corredor nos mapas do PIT/PNL 2050 e, quando aplicável, métricas de apoio (classe de V/C e quantis de carregamento), preservando o vínculo com a lógica de custo generalizado que orientou o diagnóstico. A nossa contribuição consiste em organizar, depurar e priorizar as soluções sugeridas/validadas pelos entrevistados em formato tabular comparável e auditável, evitando redundâncias e permitindo agregação por corredor, modal e horizonte.

Cenário C: Novas Competências e Capacidades Estruturantes

O Cenário C reúne as propostas que excedem a lógica de eficiência incremental do Cenário B e demandam novas competências — ativos físicos inéditos (p. ex., conexões ferroviárias/hidroviárias, *dry ports*, estações intermodais), tecnologias e dados (p. ex., *single window* aduaneiro-fiscal, rastreabilidade ponta a ponta), formas de governança (modelos contratuais, coordenação porto–cidade) e regramentos (novos instrumentos regulatórios). Em termos da *Future-Based View* (FBV), o C representa trajetórias de construção de capacidade que, uma vez amadurecidas, descem para o B (escala, eficiência e otimização) e, futuramente, ancoram um novo A (o “presente” de amanhã).

Metodologicamente, partimos do *corpus* das entrevistas e do material de estímulo (mapas de carregamento/saturação, lógica de corredores do PIT/PNL 2050) para detectar, qualificar e organizar propostas que implicam saltos de capacidade/competência. Mantivemos a separação entre:

- evidências estruturantes (C) — requerem novos recursos/competências; e
- eficiências (B) — atuam sobre a estrutura atual.

A estratégia analítica combinou codificação qualitativa formal (NVivo), análise do discurso para qualificar a orientação e a condicionalidade das falas, e artefatos de organização (matrizes de competência-dependência e mapas de encadeamento) produzidos em Python (*pandas/regex/networkx*) e posteriormente organizadas em Planilhas — priorizando rastreabilidade e reprodutibilidade. A identificação foi viabilizada por diferentes práticas, conforme detalhado abaixo:

1. **Codificação aberta e axial (NVivo):** A partir do *codebook* validado no Cenário A, buscamos propostas que envolvessem criação ou recombinação de capacidades (Strauss & Corbin, 1998; Saldaña, 2021). Na axialidade, ligamos cada proposta a: gargalo raiz (p. ex., restrição de calado, falta de *last mile* ferroviária), mecanismo causal (redução de tempo/variância/custo generalizado) e pré-requisitos declarados (licenciamento, regulação, CAPEX, dados/sistemas).
2. **Sinalização de condicionalidades (análise do discurso):** Complementamos a leitura interpretativa com consultas estruturadas no NVivo (*word trees*, *matrix queries*) e concordâncias KWIC geradas em Python (*regex*), buscando marcadores discursivos de condicionalidade e novidade (e.g., “depende de...”, “se houver...”, “exigiria...”, “precisa criar...”). Esses marcadores funcionaram como *flags* de distância de prontidão: quanto mais condicionais e orientados a “criar/installar”, mais provável a classificação como Cenário C (Fairclough, 2010; Gee, 2014). Além disso, a análise do discurso foi utilizada para separar opiniões pessoais e sem embasamento empírico (descartadas) de opiniões embasadas em dados e na experiência profissional dos entrevistados (trazidas para o estudo).
3. **Triagem C vs. B:** Uma proposta foi classificada como C quando, em conjunto, (i) requer capacidade ausente (ativo, tecnologia, governança ou regra), e (ii) não se resolve por

manutenção/coordenação/digitalização leve do estoque atual. Quando havia ambiguidade, registramos como B→C (efeito ponte).

Para evitar listas genéricas, tratamos cada item C como trajetória (Teece, 2007): de onde partimos (*as is*), o que precisa ser desenvolvido (recursos/competências), em que sequência (encadeamento), e com quais interdependências.

- **Matriz competência–dependência:** Em planilha, estruturamos por item: recurso/competência requerida (ex.: *last mile* ferroviária dedicada; *port community system* interoperável; centro de controle multimodal), dependências (obras, outorgas, *funding*, *data-sharing agreements*), atores-chaves (públicos/privados) e horizonte (médio ou longo prazo conforme os próprios entrevistados). Essa matriz permite visão modular do que deve ser criado (Phaal et al., 2004).
- **Mapas de encadeamento (grafo de pré-requisitos):** Usamos Python (*networkx*) para representar relações “requer → permite”, destacando colos de garrafa (nós com alta centralidade) e pontos de alavanca (nós que destravam múltiplos itens). O grafo não é um cronograma; é um mapa lógico que evidencia *path dependence* e *sequencing* (Rogers, 2003; Teece, 2007).
- **Enquadramento em macro domínios:** Consolidamos os itens C em quatro domínios: (i) Infraestrutura física e intermodal (p. ex., acessos ferroviários a portos, hidrovias com dragagem/derrocamento e *dry ports*); (ii) Sistemas e dados (p. ex., *single window*, *tracking* e interoperabilidade fiscal-aduaneira); (iii) Governança e regulação (p. ex., modelos contratuais orientados a desempenho, coordenação porto–cidade e *service guarantees*); (iv) Capacidades humanas e organizacionais (qualificação, *multiskilling*, *ops* multimodais). A literatura de intermodalidade e regionalização portuária sustenta esse arranjo (Bontekoning et al., 2004; Caris et al., 2008; Notteboom & Rodrigue, 2005; Roso et al., 2009).

Em vez de tentar uma AHP/MAUT não factível com os dados, adotamos uma heurística explicável (*explainable heuristics*) baseada em quatro critérios qualitativos, checados contra o diagnóstico PIT/PNL 2050:

1. **Materialidade esperada:** volume de fluxos/cadeias afetados e aderência à espinha dorsal de corredores (Clark et al., 2004; Limão & Venables, 2001).
2. **Plausibilidade regulatória/contratual:** coerência com o arranjo institucional brasileiro e com lições de PPP/concessões (Levy & Spiller, 1994; Estache & Wren-Lewis, 2009; Engel et al., 2013).
3. **Grau de prontidão e distância:** “gap” de prontidão (tecnológica/organizacional) inferido pelos marcadores discursivos e pré-requisitos; evitando prometer *leaps* inviáveis no curto prazo (Rogers, 2003; Teece, 2007).
4. **Valor de opção:** itens que preservam opcionalidade diante de incertezas (e.g., *no-regret* intermodal, *digital rails* para dados) foram priorizados, seguindo a lógica de opções reais (Dixit & Pindyck, 1994) e de *foresight* (Rohrbeck & Kum, 2018; Wright & Cairns, 2011).

O resultado não é um *ranking* cardinal, mas uma estratigrafia: (C1) trajetórias de alto valor e viabilidade institucional (iniciar já com *early works* e *design*); (C2) trajetórias dependentes de rearranjos regulatórios/capacidades; (C3) trajetórias de longo prazo com grande opcionalidade, cuja natureza é acompanhar e investir em “vias de aprendizagem”.

Cada item C recebe um “mapa de descida” para o B: quais módulos podem ser implantados em pilotos (e com que *KPIs* de tempo/variância/custo), que procedimentos podem migrar para rotina (p. ex., *slotting*

ferroviário-portuário, *appointments* urbanos), e como se consolidam até virar eficiência. Essa passagem é central na FBV: construir competência (C) → escalar e otimizar (B) → tornar-se estado da prática (A). A ancoragem nos mapas PIT / PNL 2050 assegura que os benefícios esperados (redução de tempo e variância) incidem sobre corredores materialmente relevantes.

Cenário D: Sinais Fracos, Rupturas e Vigilância

No enquadramento da *Future-Based View* (FBV), o Cenário D concentra aquilo que ainda não sabemos como fazer — possibilidades pouco cristalizadas, com alta incerteza e competências indefinidas — mas cujo rastreamento é estratégico para antecipar transições e preparar trajetórias C (novas competências) antes que a janela de oportunidade se feche. Metodologicamente, tratamos o D como um módulo de “*horizon scanning*” ancorado nas entrevistas e em um *desk review* focalizado de literatura setorial e de políticas públicas, combinando análise do discurso, codificação qualitativa formal e triangulação leve com métricas de saliência. A ambição não é prever, mas reduzir surpresa (Ansoff, 1975; Day & Schoemaker, 2005) ao tornar explícitos os sinais que podem deslocar demanda e oferta logísticas, regras do jogo e tecnologias habilitadoras.

Os sinais fracos foram colhidos principalmente nas entrevistas e apoiadas por material de estímulo (mapas de carregamento e saturação, lógica de corredores). Quando pertinente, realizamos uma verificação documental breve em relatórios e literatura acadêmica para aferir direções plausíveis e vocabulários de referência (Hiltunen, 2008; Mendonça et al., 2004). O trabalho desenvolvido pelo PIT (2025) no âmbito do PNL 2050 serviu como ancoragem espacial e modal: cada sinal foi associado a corredores ou macrocategorias para explicitar onde a ruptura poderia incidir sobre o custo generalizado e sobre os nós críticos do sistema.

Executamos consultas por marcadores linguísticos de incerteza/futuro (e.g., “pode”, “talvez”, “se houver”, “despontando”, “tendência”, “disruptivo”) e por léxicos temáticos (tecnologia, governança, modelos de negócio). Em paralelo, utilizamos Python (*pandas/regex*) para gerar concordâncias KWIC e listas de co-ocorrência que ajudaram a localizar trechos fora do vocabulário explícito de “futuro”, minimizando viés de palavra-chave (Fairclough, 2010; Gee, 2014). O objetivo foi ampliar o *recall* dos excertos potenciais de D, sem recorrer a classificadores opacos.

Os excertos foram codificados abertamente como “candidatos a sinal”, com posterior axialidade ligando: domínio STEEP (socioeconômico, tecnológico, ambiental, político-regulatório), ator(es) implicado(s), mecanismo de impacto (tempo, variância, custo, risco), condicionalidades declaradas (“depende de...”, “exigiria...”), horizonte (percepção do entrevistado). Essa estruturação segue boas práticas de *horizon scanning* e *sense-making* (Voros, 2003).

Em planilha Excel consolidamos um repositório de sinais com rótulos padronizados, IDs e vínculo ao trecho-fonte. Reagrupamos formulações semelhantes (ex.: “janela fiscal X” vs. “novo instrumento regulatório X”) mediante regras simples (*n-grams* e *fuzzy matching* em Python), preservando a rastreabilidade para o texto original. Para cada item, atribuímos três notas qualitativas (baixa/média/alta):

- (i) Novidade (quão “fora da rotina” no *corpus*, por raridade relativa e marcadores de incerteza);
- (ii) Amplitude de corroboradores (número de organizações distintas que mencionam o tema);

- (iii) Potencial de impacto (efeitos plausíveis sobre corredores/macrocategorias ancorados no diagnóstico).

A combinação gerou níveis de vigilância (*vigiar, monitorar, explorar*), úteis para orientar profundidade analítica sem simular probabilidades (Hiltunen, 2008; Mendonça et al., 2004).

Muitos sinais interagem (reforço/antagonismo). Construímos um *canvas* de coimpactos qualitativo (planilha bidimensional) e o representamos como grafo de dependências com Python (*networkx*), destacando os nós de alta centralidade (pontos de alavanca) e ligantes (sinais que conectam domínios). Sinais de baixa probabilidade/alto impacto foram marcados como “*wild cards*” para vigilância de alerta (Gordon & Hayward, 1968; Popper, 2008).

Por desenho da FBV, avaliamos para cada sinal se já é possível formular uma competência-alvo (ativo, dado, regra, modelo de coordenação). Quando sim, o item migra para o *backlog* C (com “primeiros passos” de capacitação). Quando não, permanece em D com hipóteses observáveis e indicadores sentinela minimamente definidos (Rohrbeck & Kum, 2018).

Para evitar uma lista contemplativa, cada entrada de D foi traduzida em um enunciado falsificável (se *[condição observável]*, então *[efeito plausível em corredor/modo]*), acompanhado de indicadores sentinela (ex.: variações persistentes em *spreads* de frete entre rotas alternativas; anúncios de capacidade/serviço em terminais interiores; mudanças regulatórias em *janelas* urbanas; métricas de confiabilidade em cabotagem/hidroviárias; adoção de padrões de dados interoperáveis). Esses indicadores não afirmam causalidade, mas gatilhos de investigação que, uma vez ativados, justificam reanálise e eventual promoção do item para C.

O repositório D mantém *links* explícitos para (i) os corredores e gargalos do diagnóstico que poderiam ser afetados; (ii) as propostas B que perderiam eficácia sob determinados sinais (ex.: quando o “gargalo” se desloca); e (iii) as trajetórias C potencialmente habilitadas/aceleradas. Essa integração reduz o risco de otimização local (no B) que se torne mal adaptativa diante de transições plausíveis (Clark et al., 2004; Limão & Venables, 2001).

Como o Cenário D é, por natureza, contínuo, descrevemos uma arquitetura de monitoramento de baixo atrito, a ser implementada no desdobramento do Plano:

- Cadência trimestral de varredura do repositório (atualização das notas de saliência e dos indicadores sentinela), com *log* de mudanças.
- Pontos de controle semestrais para decidir D→C (quando a competência-alvo se torna definível) e C→B (quando há “pacotes” prontos para piloto).
- Rastreabilidade integral (NVivo/planilhas) e critérios públicos de passagem, resguardando a auditabilidade e evitando viés de confirmação (Lincoln & Guba, 1985; Voros, 2003).

A abordagem adotada segue recomendações clássicas sobre sinais fracos e *peripheral vision* (Ansoff, 1975; Day & Schoemaker, 2005; Hiltunen, 2008): transparência de critérios, ligação a evidências textuais, ancoragem em impactos operacionais. Entre as limitações, registramos: (i) dependência do discurso (baixa frequência não implica irrelevância, nem alta frequência implica probabilidade); (ii) heurística de saliência (não substitui modelos probabilísticos ou *Delphi*); (iii) *desk review* seletivo (não exaustivo). Tais limites são compensados por rastreabilidade, triangulação leve e integração com o diagnóstico PIT / PNL 2050 e com os módulos B e C da FBV, que fornecem as vias de descida do D para ações concretas.

RESULTADOS

Foram entrevistadas 76 pessoas de 48 empresas e associações, em sessões on-line realizadas de 03/06/2025 a 29/07/2025, com duração média de 90 minutos. As transcrições foram consolidadas e analisadas por uma equipe de pesquisadores em quatro rodadas sequenciais e complementares: (i) validação de insumos do PIT/PNL (carregamento e saturação), (ii) identificação de gargalos, (iii) propostas de solução e (iv) consolidação dos achados sob a ótica do Future-Based View (FBV).

Foram consolidados 187 *feedbacks* relativos aos mapas apresentados. Desses, 122 referem-se a carregamento e 65 a saturação. A distribuição por macrocategorias concentrou-se em Agropecuária e Alimentos (46), Cargas Gerais (43), Químicos (30), Energia e Combustíveis (19), Bens de Consumo e Manufaturados (16), Minérios (12) e Construções e Siderúrgicos (10). Nos mapas de carregamento, as recomendações se distribuíram principalmente entre “Manter” (45) e “Recalibrar” (25), com volumes menores de “Detalhar” (10) e “Incluir” (6). Nos mapas de saturação, prevaleceu “Recalibrar” (23), além de “Manter” (11) e ajustes pontuais classificados como “Outros” (11). Em termos de temática de ajuste, sobressaem pedidos de recalibração de intensidades, maior granularidade modal/por tipo de carga e clareza cartográfica (direção de fluxos, legendas e camadas).

Foram registrados 274 gargalos únicos. A distribuição por macrocategorias mostrou predominância de Infraestrutura Precária (166; 60,6%), seguida de Regulação e Burocracia (65; 23,7%), Segurança (26; 9,5%) e Multimodalidade (17; 6,2%). Entre as subcategorias mais frequentes destacaram-se Hidrovias (34), Portos (29), Rodovias (25), Conflitos Urbanos (20), Ferrovias (19), Acessos Portuários (16), Licenciamento (15), Digitalização/Interoperabilidade (13) e Complexidade Aduaneira (12). Quanto à urgência atribuída pelos entrevistados, 207 registros (75,5%) foram classificados como “Alta” (explícita ou inferida), 65 (23,7%) como “Média” e 1 (0,4%) como “Baixa”.

Foram registradas 306 propostas de solução. Pela classificação temática informada pelos respondentes, Infraestrutura Precária concentrou 197 itens (64,6%), seguida de Regulação e Burocracia (70; 22,9%), Multimodalidade (26; 8,5%) e Segurança (12; 3,9%). Entre as categorias de solução mais recorrentes figuram Adequação de Rodovias (30), Fortalecimento Regulatório/Fiscalização (20), Monitoramento e Rastreamento de Segurança (18), Adequação Portuária (16), Digitalização e Automação de Processos (16), Licenciamento Ambiental Ágil (15), Integração Multimodal – Obras (14), Integração Porto–Ferrovia (13) e Adequação Hidroviária (10), além de Simplificação Aduaneira/Comex (9), Rastreabilidade/Telemetria (9) e Integração de Sistemas/Plataformas (8). A priorização declarada ou inferida indicou “Alta” em 191 propostas (62,4%), “Média” em 98 (32,0%) e “Baixa” em 5 (1,6%), com 12 (3,9%) não classificadas. Esses números refletem a predominância de medidas de curto/médio prazo orientadas à eficiência operacional, sem excluir agendas estruturantes que demandam coordenação interinstitucional.

Na etapa final, os insumos das três rodadas anteriores foram consolidados no *framework* FBV, resultando em listas sintéticas por cenário: Cenário B (eficiência, curto/médio prazo): 18 objetivos estratégicos consolidados (ex.: adequação de rodovias e acessos portuários, digitalização de processos, integração porto–ferrovia, licenciamento ágil, simplificação aduaneira, coordenação de segurança). Cenário C (novas competências, médio/longo prazo): 13 objetivos estratégicos, com horizonte predominantemente “médio” (11) e “longo” (2), incluindo conexões *greenfield* porto–ferrovia, interfaces hidrovia–ferrovia, plataforma

nacional de dados logísticos, *pipeline* estruturado de PPPs/concessões e arranjos de governança de nível sistêmico. Cenário D (sinais fracos/tendências disruptivas): 9 sinais priorizados (p.ex., elegibilidade ferroviária em fundos climáticos, veículos autônomos, drones em *last mile*, uso preditivo de dados/IA, Integração Bioceânica), cada um descrito com impactos esperados e indicadores de monitoramento.

Os números acima evidenciam (i) amplitude do diagnóstico inicial de gargalos, (ii) volume expressivo de *feedbacks* de validação sobre mapas de carregamento/saturação e (iii) uma carteira robusta de propostas priorizadas, que, ao serem reorganizadas pela lógica FBV, resultaram em um conjunto compacto de objetivos estratégicos por horizonte (B, C) e um radar de tendências (D) com respectivos “proxies” de monitoramento. Todos os quantitativos e taxonomias apresentados neste capítulo derivam diretamente das planilhas consolidadas das quatro rodadas analíticas.

DISCUSSÃO DA VALIDAÇÃO DOS INSUMOS TÉCNICOS DO PIT

Este capítulo discute a validação dos insumos técnicos do PIT/PNL 2050 à luz dos *feedbacks* qualificados de representantes dos setores produtivos e logísticos, convertendo percepções de campo em ajustes objetivos e auditáveis. A lógica é simples e transparente: partimos do modelo-base (dados e premissas do PIT), triangulamos com as evidências empíricas das entrevistas e, quando necessário, aplicamos quatro tipos de decisão — Manter, Recalibrar, Incluir e Detalhar — sempre registrando a justificativa técnica e o grau de confiança. Para garantir coerência analítica, trabalhamos por macrocategorias de produtos e explicitamos a granularidade por tipo de carga e por modal, além de padronizar a semiótica cartográfica (espessura, direção e legendas) para reduzir viés visual.

A primeira seção apresenta os ajustes nos Mapas de Carregamento, organizados por blocos temáticos alinhados à taxonomia do PIT/PNL: agropecuária e alimentos, cargas gerais (incluindo bens de consumo e manufaturas leves), materiais de construção e siderurgia, combustíveis, minérios, produtos florestais e químicos. Em cada bloco, sintetizamos validações, identificamos sub ou superestimações e indicamos inclusões de eixos e camadas (p.ex., hidrovias, dutovias, cabotagem, rotas internacionais), distinguindo fluxos observados de fluxos potenciais de cenário. Já a segunda discute os Mapas de Saturação, incorporando leitura discursiva das entrevistas para ponderar intensidade, variabilidade e recorrência dos gargalos em acessos portuários, centros urbanos, corredores de exportação, fluxos gerais e recortes regionais.

O resultado é um conjunto de ajustes tecnicamente rastreáveis que reforçam a utilidade dos insumos técnicos como instrumento de planejamento: mais precisão volumétrica, melhor representação modal e territorial, e maior aderência entre o que o modelo projeta e o que os agentes vivenciam no terreno.

Ajuste dos Mapas de Carregamento

Este tópico apresenta os ajustes realizados nos mapas de carregamento, a partir do processo de validação conduzido com representantes dos setores produtivos e logísticos. Para facilitar a leitura e assegurar maior clareza na análise, os produtos foram agrupados em macrocategorias, de modo a organizar os resultados em blocos temáticos mais coerentes com a lógica do Plano Integrado de Transportes (PIT). Essa sistematização permite evidenciar, de forma comparativa, os pontos de validação, as necessidades de recalibração, os fluxos a serem incluídos e os casos que demandam maior detalhamento.

A estrutura do capítulo combina a síntese dos feedbacks recebidos com a discussão analítica dos ajustes propostos, garantindo que cada macrocategoria seja examinada em termos de sua relevância logística, dos desafios identificados e das oportunidades de aprimoramento dos carregamentos. Com isso, busca-se apresentar correções pontuais, além de oferecer uma visão integrada que fortaleça a utilidade dos carregamentos como instrumento de planejamento estratégico de transportes.

Feedback Geral

Os depoimentos reunidos neste tópico revelam um padrão claro e transversal: (i) necessidade de transparência metodológica (premissas, volumetrias, fonte e tratamento dos dados) e (ii) resolução temática e modal insuficiente (falta de distinção entre tipos de carga e camadas/legendas). Esses pontos, embora “meta-modelares”, condicionam a qualidade de qualquer ajuste nas matrizes do PIT e dialogam diretamente com as melhores práticas reportadas na literatura de modelagem de transportes e logística.

A crítica mais recorrente é a ausência de premissas e de documentação de procedimento. Nas palavras de FSI14: “A gente nunca tem os dados que estão embasando os mapas... seria importante ter uma noção mais clara de quais são os dados, qual é o procedimento de simulação, quais são as premissas utilizadas.” (FSI14). De forma convergente, USI21 reforça: “Faltou mostrar as premissas que vocês usaram, porque sem isso fica difícil avaliar.” (USI21). Padrões internacionais recomendam que modelos de carga sejam acompanhados de cadernos de especificação e registros de versões contendo: (a) fontes e ciclos de atualização, (b) hipóteses de comportamento/elasticidades, (c) estruturas de custo generalizado por modo/corredor, e (d) protocolos de calibração/validação (UK DfT, 2022; FHWA, 2022; Tavasszy & De Jong, 2014). Em termos práticos para o PIT, isso implica publicar, junto aos mapas, um “datasheet do cenário” (ano-base, unidades e faixas de volume, critérios de suavização/espessura das linhas) e um resumo técnico do algoritmo de alocação de fluxos. A literatura é inequívoca: resultados sem metadados reduzem a capacidade de escrutínio externo e enfraquecem o valor preditivo para políticas públicas (de Jong et al., 2013; UK DfT, 2022).

Tabela 5: Ajustes - Feedbacks Gerais

Macro produto	Região/Corredor	Ação Recomendada	Descrição da Subcategoria Axial
<i>Feedback Geral</i>	Geral	Detalhar	Entrevistados destacaram a ausência de dados detalhados nos mapas, como premissas, volumetrias e metodologia, o que dificulta análises qualificadas. A transparência metodológica é essencial para validações consistentes (FSI14; USI21).
<i>Feedback Geral</i>	Geral	Detalhar	Há recorrente falta de explicitação das premissas utilizadas na construção dos mapas, o que limita a compreensão e a confiabilidade dos resultados apresentados (USI21).

Feedback Geral

Geral

Detalhar

Apesar de os mapas já estarem segmentados por grupos de carga, parte dos interlocutores pediu **maior granularidade dentro das classes** e, principalmente, **camadas/legendas mais explícitas por modal e melhor legibilidade em áreas portuárias** (acessos, vias internas, gates), para reduzir ambiguidades na leitura

Fonte: FDC (2025)

Houve pedidos de estratificação mais fina dentro das classes de mercadorias e, sobretudo, de camadas por modal/cadeia logística (rodoviário, ferroviário, dutoviário, hidroviário/cabotagem, aéreo), com simbologia e legendas mais explícitas — especialmente em áreas portuárias, onde a leitura de acessos viários e operações internas ficou pouco intuitiva para alguns usuários (FSI32). Mantemos a referência a taxonomias padronizadas (p.ex., NST 2007/Eurostat) para garantir consistência terminológica; entretanto, os mapas apresentados já consideravam grupos de carga. Sendo assim, as melhorias propostas concentram-se em granularidade adicional e clareza modal/espacial (Eurostat, 2016; Tavasszy & De Jong, 2014; FHWA, 2022)

Em síntese, os depoimentos (FSI14; USI21; FSI32; UMP34) e a literatura convergem: mapas precisos exigem método explícito e granularidade compatível com o problema. Ao incorporar transparência e estratificação, o PIT melhora tanto a robustez das matrizes quanto sua utilidade para decisão pública e privada, aproximando-se do estado da arte em modelagem e visualização de fluxos logísticos (Tavasszy & De Jong, 2014; Notteboom & Rodrigue, 2005).

Agropecuária e Alimentos

Os resultados convergem para um padrão claro: (i) validação ampla dos fluxos “core” de grãos (soja, milho e farelo) pelos principais corredores consolidados, (ii) necessidade de recalibrar a intensidade dos fluxos que sobem ao Arco Norte e de contrafluxos como fertilizantes rumo ao Centro-Oeste, e (iii) inclusões e detalhamentos associados à rede hidroviária (Tietê-Paraná, Tocantins-Araguaia, Jacuí) e à representação das rotas marítimas e da cabotagem. Em termos de consistência interna, essas três frentes se reforçam: onde a operação está madura e consolidada, os entrevistados tenderam a validar; onde há transição estrutural de corredores e modais, emergem as solicitações de ajuste fino.

A validação dos corredores internos clássicos foi recorrente. Para laticínios, por exemplo, a coerência do corredor São Paulo–Triângulo foi confirmada como “o grande corredor” (USI01), enquanto arroz e sal foram validados com nota máxima, destacando saídas de RS/SC e o eixo RN→Sudeste/Norte (FSI02). No agronegócio, os fluxos de soja e milho pelos corredores Santos, Miritituba, Itaqui e Rio Madeira foram tidos como “bem adequados” ou “corretos” por múltiplos entrevistados (FSI14; FSI15; USI35; USI38; USI39). Essa evidência empírica combina com a literatura de economia portuária e de hinterlândia que descreve a persistência e a resiliência de corredores dominantes em redes logísticas, onde a infraestrutura, as economias de densidade e os serviços regulares tendem a reforçar a centralidade de gateways estabelecidos (Notteboom & Rodrigue, 2005; Wilmsmeier & Notteboom, 2011).

Ao mesmo tempo, há um deslocamento gradual da centralidade relativa para o Arco Norte, consistentemente apontado como subestimado. Observa-se pedido de reforço explícito dos fluxos rodoviários MT→Miritituba (FSI08) e menções de que “o Arco Norte deveria estar mais forte” em diferentes entrevistas (USI35; USI38; USI39). Esse padrão de fala sugere um processo de regionalização portuária e reconfiguração de hinterlândias, com *gateways* emergentes competindo por cargas que antes fluíam, de forma quase exclusiva, para o Sudeste. A teoria prevê que, quando novos terminais e arranjos intermodais reduzem custos generalizados (tempo, risco e variância), ocorre desvio de rotas e redistribuição de fluxos (Notteboom & Rodrigue, 2005; Rodrigue, 2020). Logo, a recomendação de recalibrar a intensidade do Arco Norte é consistente com esse movimento: ainda que a malha “core” permaneça válida, a participação relativa do Norte tende a crescer e precisa ser refletida nos mapas para fins de planejamento e priorização.

Outro bloco robusto de evidências diz respeito ao contrafluxo de adubos e fertilizantes rumo ao Centro-Oeste, percebido como subestimado (USI09). Do ponto de vista analítico, este é um caso típico de assimetria de fluxos em corredores de commodities, em que a logística de suprimentos para a produção agrícola depende de janelas portuárias e de capilaridade terrestre para o “backhaul” (Rodrigue, 2020). Subrepresentar esse contrafluxo pode levar a vieses em decisões de capacidade, localização de terminais terrestres e políticas de estoques. A recalibração aqui não é apenas volumétrica: ela ajusta o balanço de ida-e-volta dos corredores, melhorando a coerência sistêmica do modelo do PIT.

A terceira frente de resultados é a infraestrutura hidroviária. Em várias falas, a rede aparece como sub-representadas ou não detalhada (USI29; FSI32; FSI37; USI30). Há pedidos de inclusão explícita das hidrovias Tietê-Paraná e Tocantins-Araguaia, além de menções à dependência da Jacuí para o arroz gaúcho (USI30). Ao mesmo tempo, emergem condicionantes operacionais: dragagem, balizamento, janelas sazonais e riscos que afetam a confiabilidade (USI29; USI30; FSI37). Na literatura, a confiabilidade, e não apenas o custo médio, é um determinante crucial da escolha modal e do desenho de redes (Christopher & Peck, 2004; Ortúzar & Willumsen, 2011). Portanto, detalhar a malha hidroviária e internalizar gargalos de confiabilidade não é um capricho visual: é o que permite que o modelo represente custos generalizados esperados e variâncias que, de fato, orientam a decisão das firmas.

Do lado marítimo, dois tipos de ajustes foram acionáveis. Primeiro, correções cartográficas de traçados de rotas e de destinos internacionais de exportação, com destaque para a rota de Barcarena via Cabo da Boa Esperança rumo à Ásia (USI25). Aqui, o problema não é de estatística, mas de semiótica cartográfica: ao não indicar corretamente o destino ou a direção, o mapa perde valor diagnóstico para decisões de posicionamento comercial e de contratação de frete. Em segundo, a cabotagem foi percebida como subestimada (FSI37), o que sugere capturar melhor os efeitos de políticas setoriais e os incrementos de oferta de serviço. Em ambos os casos, a literatura de *shipping* e portos enfatiza que redesenhos de rotas e frequências alteram rapidamente a geografia efetiva das cadeias (Wilmsmeier & Notteboom, 2011), de modo que os mapas do PIT devem refletir rotas correntes e prováveis para sustentar decisões de investimento com horizonte 2030–2050.

Por fim, algumas observações pedem recalibração visual mesmo quando a direção qualitativa está correta. É o caso da BR-040 para o Rio de Janeiro nos laticínios, percebida como “baixa” frente a Vitória (USI01), e de rotas de soja específicas consideradas “mais carregadas que o mapa indica” (USI38). Esses pontos lembram que o mapa é uma linguagem: espessuras, cores e camadas comunicam magnitude e confiança. A padronização de escalas e limiares visuais por macro produto e por corredor reduzirá a chance de

interpretação enviesada pelos usuários finais e aumentará a aderência entre experiência operacional e evidência cartografada.

Tabela 6: Ajustes - Agropecuária e Alimentos

Macro produto	Região/Corredor	Ação Recomendada	Descrição da Subcategoria Axial
<i>Laticínios</i>	BR-040 → Rio de Janeiro	Recalibrar	Fluxo aparece abaixo do real no corredor RJ; ajustar intensidade para refletir volumes observados.
<i>Laticínios</i>	BR-040 × Vitória	Recalibrar	Relação visual sugere Vitória maior que BR-040, o que causa estranheza; equalizar proporções relativas.
<i>Laticínios</i>	Corredor SP–Triângulo (BR-381/116/153)	Manter	Coerência geral validada; corredor São Paulo–Triângulo é corretamente o mais forte.
<i>Arroz</i>	RS e SC (distribuição nacional)	Manter	Saídas de RS/SC para o país inteiro estão corretas, conforme prática do setor.
<i>Sal</i>	RN → Sudeste/Norte	Manter	Rotas principais (Natal → Sudeste e embarques ao Norte) estão bem representadas.
<i>Carnes</i>	Oeste de SC (Chapecó/Concórdia)	Incluir	Falta saída visível dessa região relevante; inserir fluxos de carnes do Oeste catarinense.
<i>Soja; Milho; Trigo; Arroz; Farelo de soja; Açúcar</i>	Arco Norte (Miritituba/Santarém/Tapajós)	Manter	Importância do Arco Norte está fiel, com Miritituba e Santarém como polos de escoamento.
<i>Soja</i>	MT → Miritituba (rodovias)	Recalibrar	Intensidade de caminhões do MT rumo ao Arco Norte está subestimada; aumentar espessura dos fluxos.
<i>Adubos e fertilizantes</i>	Portos do Sudeste → Centro-Oeste	Recalibrar	Entrada portuária é grande e sobe forte ao Centro-Oeste; volumes estão abaixo do observado.
<i>Soja</i>	Corredores Santos/Miritituba/Itaqui	Manter	Fluxos principais adequados; manter representação.
<i>Milho</i>	MT; Rio Madeira; Itaqui	Manter	Rotas centrais do milho estão corretas; manter.
<i>Milho</i>	MT → Norte/Nordeste	Recalibrar	Alguns fluxos ao Norte/Nordeste parecem menores que a realidade; elevar intensidade.

<i>Soja; Milho; Trigo; Arroz; Farelo de soja; Açúcar</i>	Nacional (nível de detalhe)	Detalhar	Mapa está “muito geral”; exigir maior granularidade (diferenciar modais/cargas e trechos críticos).
<i>Soja</i>	Exportação internacional (destinos)	Detalhar	Linhas não indicam destinos (África/EUA/Europa/China); explicitar rotas e setas por destino.
<i>Soja</i>	Barcarena (rota marítima)	Recalibrar	Traçado incorreto; corrigir para rota via Cabo da Boa Esperança rumo à China.
<i>Soja</i>	Corredores internos (ex.: BR-364/Rio Madeira, Oeste Baiano → Salvador)	Manter	Representação interna está correta segundo a operação; manter.
<i>Farelo de soja</i>	Nacional/Exportação	Manter	Mapa 2023 coerente; manter.
<i>Soja</i>	Nacional/Exportação	Manter	Validação máxima sem ressalvas; manter.
<i>Milho</i>	Nacional/Exportação	Manter	Validação máxima; manter.
<i>Soja</i>	Hidroviás (Tietê-Paraná, Madeira, Tapajós, Tocantins, Paraguai)	Detalhar	Falta explicitar rede hidroviária e gargalos (dragagem/balizamento/segurança); incluir camadas e restrições operacionais.
<i>Arroz</i>	Sul (dependência da hidrovía Jacuí)	Detalhar	Produção do Sul correta, mas dependência da Jacuí não aparece; incluir traçado e condicionantes.
<i>Soja; Milho; Trigo</i>	Hidrovía Tietê-Paraná	Incluir	Eixo amplamente usado para grãos não está mapeado; inserir com capacidade e sazonalidade.
<i>Soja; Milho; Farelo de soja; Trigo</i>	Hidroviás nacionais (visibilidade)	Detalhar	Hidroviás pouco visíveis nos mapas; dar destaque gráfico e segmentação por trecho.
<i>Soja; Milho; Farelo de soja; Trigo</i>	Hidrovía Tocantins-Araguaia	Incluir	Eixo estratégico para grãos ausente; incluir como corredor prioritário.
<i>Soja; Milho; Farelo de soja; Trigo</i>	Litoral (cabotagem)	Recalibrar	Cabotagem aparece subestimada frente ao crescimento (ex.: BR do Mar); elevar participação nas rotas costeiras.
<i>Soja</i>	Corredores de exportação (rotas específicas)	Recalibrar	Algumas rotas de soja estão mais carregadas do que o mapa indica; reforçar volumes em trechos citados.
<i>Milho</i>	Corredores de exportação	Manter	Fluxos atuais coerentes; manter.

<i>Soja; Milho; Farelo de soja; Trigo</i>	Arco Norte (intensidade)	Recalibrar	Arco Norte está abaixo da relevância atual; aumentar espessura dos fluxos e participação relativa nos portos do Norte.
<i>Frutas e verduras</i>	Arco Norte	Recalibrar	Relevância crescente do Arco Norte para perecíveis não aparece; ajustar volumes e rotas.
<i>Soja; Milho</i>	Corredores de exportação	Manter	Representações de soja e milho condizem com a prática; manter.

Fonte: FDC (2025)

Os achados apontam para três linhas de atuação no ajuste das matrizes: primeiro, recalibrar participações relativas para refletir a ascensão do Arco Norte e de contrafluxos críticos (fertilizantes), mantendo a coerência dos corredores consolidados; segundo, expandir e qualificar a camada hidroviária, incluindo eixos faltantes e incorporando parâmetros de confiabilidade; terceiro, corrigir/explicitar rotas marítimas e cabotagem, separando nitidamente rotas atuais de potenciais, com iconografia diferenciada. Em termos de qualidade de modelo, essas melhorias reduzem erro de especificação e mitigam riscos de decisão ao aproximar a representação do sistema daquilo que os agentes veem no terreno.

Bens de Consumo e Manufaturados

Os achados relacionados ao grupo de Bens de Consumo e Manufaturados reforçam a necessidade de ajustes específicos no mapeamento do PIT, sobretudo no que se refere à Zona Franca de Manaus (ZFM), às áreas produtivas do vestuário e à representação modal da cabotagem. Em contraste, setores como medicamentos e fluxos automotivos para o Mercosul foram validados de forma consistente, sinalizando que os mapas já refletem a realidade operacional em alguns segmentos.

No caso dos eletrônicos, a ausência de representação da rota da ZFM foi considerada um erro estrutural por mais de um entrevistado. Um deles enfatizou que “está faltando uma rota importante... essa rota está é bem importante. Não sei porque não capturou, mas deveria capturar” (FSI02). Outro reforçou a mesma crítica: “não tem Manaus, né? Estranho... muito do eletroeletrônico é fabricado lá em Manaus também” (USI28). Essas falas estão alinhadas com a literatura sobre cadeias produtivas enclausuradas e dependência logística singular (Rodrigue, 2020), que mostram como a concentração de produção em regiões isoladas — como a Amazônia — gera fluxos logísticos altamente dependentes de corredores específicos, no caso a cabotagem e o eixo hidroviário Manaus–Belém. Omissões desse tipo podem distorcer a mensuração de fluxos nacionais e comprometer a priorização de investimentos em corredores estratégicos. Além disso, um entrevistado alertou para a necessidade de recalibrar o fluxo fronteiriço no Sul, pois “acho muito grosso ainda aqui... passando ali quase numa fronteira dos países da América do Sul” (USI33). Esse tipo de feedback se conecta com análises recentes sobre exageros de fluxos internacionais em modelos de matriz origem-destino, em que superestimações podem deslocar artificialmente prioridades de infraestrutura (Ortúzar & Willumsen, 2011).

O setor de medicamentos apresentou validação positiva quase unânime. Relatos como “está bem dentro do que a gente enxerga no dia a dia” (USI05) e “tem uma linha que liga São Paulo ao Paraná... corresponde à

realidade” (USI12) reforçam a percepção de que o mapeamento do PIT capturou corretamente os fluxos-chave do setor. A coerência também se estendeu às exportações regionais, quando outro entrevistado destacou que “os fluxos de medicamentos... fazem total sentido” (USI33). Essa validação é relevante, pois a literatura sobre cadeias de suprimento de fármacos enfatiza a necessidade de resiliência e confiabilidade (Christopher & Peck, 2004), atributos que só podem ser assegurados quando os fluxos logísticos estão corretamente representados no planejamento.

Já o vestuário trouxe resultados mistos. Por um lado, a concentração em São Paulo foi considerada adequada (“não vejo grandes concentrações... fora do eixo de São Paulo” – USI33). Por outro, emergiram críticas quanto à omissão de regiões relevantes de produção, como o interior do Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Minas Gerais: “Minas Gerais é um estado que produz muita confecção e aí eu não estou vendo essa produção” (USI28). Esse contraste reforça a necessidade de detalhamento espacial do setor, distinguindo entre fluxos de produção e fluxos de distribuição. Segundo Notteboom e Rodrigue (2005), a capacidade de diferenciar fluxos de origem produtiva dos fluxos de passagem é essencial para que os modelos reflitam não apenas a movimentação, mas também as centralidades produtivas regionais.

Os veículos automotivos igualmente apresentaram um quadro dual. Houve validação positiva dos fluxos externos, como para a Argentina (“mostrando fluxo considerável aqui com a Argentina... faz sentido” – USI33), mas críticas contundentes quanto à ausência de polos internos como Goiás e Manaus: “Manaus... toda a produção de duas rodas do Brasil inteiro em Manaus, então deveria ser uma mancha gigante em Manaus” (USI28). Essa ausência foi considerada suficientemente grave para justificar nota baixa ao mapa. A literatura reforça essa preocupação: estudos sobre regionalização da produção automotiva no Brasil apontam que as matrizes logísticas precisam contemplar tanto os fluxos exportadores quanto as áreas emergentes de produção (Fleury & Fleury, 2003). Omissões desse tipo reduzem a capacidade de antecipação de pressões futuras sobre a infraestrutura.

Tabela 7: Ajustes - Bens de Consumo e Manufaturados

<i>Macro produto</i>	<i>Região/Corredor</i>	<i>Ação Recomendada</i>	<i>Descrição da Subcategoria Axial</i>
<i>Eletrônicos</i>	Manaus (Zona Franca) → demais regiões; conexões Manaus–Belém	Incluir	Incluir, de forma explícita, a rota de saída de eletrônicos da ZFM para o restante do país, com conexões fluviais/cabotagem Manaus–Belém (FSI02; USI28).
<i>Eletrônicos</i>	Fronteira Sul	Recalibrar	Fluxo na fronteira sudoeste aparece superestimado; reduzir a espessura/participação relativa (USI33).
<i>Eletrônicos</i>	Sudeste, Sul e Nordeste (Geral)	Manter	Representação geral dos fluxos está aderente à prática operacional de cargas fracionadas (USI04).
<i>Medicamentos</i>	Brasil (Geral)	Manter	Mapa condizente com a realidade logística do setor, sem ressalvas (USI05).
<i>Medicamentos</i>	SP–PR; SP–RJ; MG–SP	Manter	Corredores Sudeste–Sul destacados estão corretos e coerentes (USI12).
<i>Vestuário</i>	Interior de PR/SC/RS e Minas Gerais	Detalhar	Destacar polos produtores do interior (PR/SC/RS) e MG; redistribuir intensidades hoje concentradas no litoral (USI28).
<i>Vestuário</i>	São Paulo e rotas nacionais	Manter	Concentração em SP e principais eixos faz sentido; validação com nota máxima (USI33).
<i>Veículos automotivos</i>	Goiás (Caoa Hyundai) e Manaus (2 rodas)	Incluir	Inserir polos produtivos ausentes (GO e Manaus) e suas saídas; omissão considerada grave (USI28).
<i>Veículos automotivos</i>	Mercosul (Argentina)	Manter	Fluxo relevante para a Argentina está correto; manter (USI33).
<i>Embalagens plásticas, botijões para gás, pallets de madeira e garrafas de vidro</i>	Manaus	Detalhar	Corrigir o modal predominante: representar cabotagem a partir de Manaus e suprimir a leitura de saídas rodoviárias como padrão (USI40; FSI45).

Fonte: FDC (2025)

Finalmente, a questão da cabotagem a partir de Manaus surgiu como um dos pontos mais críticos nos depoimentos. Um entrevistado afirmou: “não mostra Manaus... ele saindo via rodoviária, o que não é o que realmente acontece” (USI40), enquanto outro complementou que o mapa “não demonstra a cabotagem” (FSI45). Esses apontamentos não são apenas técnicos: eles evidenciam uma inversão modal no modelo do PIT que pode comprometer projeções de longo prazo. Como salientam Wilmsmeier e Notteboom (2011), subrepresentar a cabotagem em países continentais tende a desviar investimentos para modos de menor eficiência, contrariando políticas públicas como o programa BR do Mar. Portanto, o ajuste dessa camada é fundamental para alinhar a representação à realidade logística e às diretrizes estratégicas de incentivo à cabotagem.

Outras Cargas Gerais e Outros Granéis Sólidos Minerais

Os resultados para Outras Cargas Gerais apresentam um padrão consistente com o que a literatura descreve sobre a estabilidade relativa de corredores maduros e, ao mesmo tempo, a necessidade de recalibragem quando há movimentos de (re)regionalização portuária, mudanças de mix de carga e surgimento de novos serviços. Em linhas gerais, os entrevistados validam a espinha dorsal do sistema — por exemplo, a dominância de Santos e o papel dos eixos BR-101/BR-470 para contêineres em SC/PR — e pedem ajustes onde a representação atual suaviza ou distorce intensidades (Nordeste portuário, fronteiras rodoviárias, cabotagem, fluxos de importação e Chile).

A validação dos corredores “core” aparece com força. A BR-101 é descrita como “sobrecarregador máximo” (FSI03) e o predomínio de Santos é reconhecido (“Santos é disparado o maior fluxo de contêiner”, FSI16), com aderência também para os fluxos a Santos vistos pela ferrovia (FSI27) e para a malha rodoviária em geral (USI24; USI36; USI44). Esses achados são coerentes com a literatura de portos e hinterlândias: uma vez consolidados, gateways e eixos de alto volume tendem a manter centralidade por economias de densidade, serviços e encadeamentos logísticos (Notteboom & Rodrigue, 2005; Wilmsmeier & Notteboom, 2011). Em termos de modelagem, isso significa que as matrizes do PIT capturaram de forma adequada os estoques de infraestrutura e os serviços efetivos nos corredores dominantes (Ortúzar & Willumsen, 2011).

Ao lado dessa estabilidade, emergem pedidos de recalibragem em frentes específicas. No Nordeste portuário, “Suape e Pecém estão menores do que deveriam” (FSI13); em SP–RJ, “contêineres estão menores do que deveria” (FSI19); em Paranaguá, “o volume está um pouco menor do que o que realmente acontece” (FSI27); e em Minas Gerais, “tem muito mais carga circulando do que aparece” (USI24). Esses pontos são típicos de fases de (re)regionalização e reequilíbrio competitivo entre portos/corredores, quando pequenas mudanças em custo generalizado e frequência de serviço deslocam tráfego marginal (Notteboom & Rodrigue, 2005). Para o PIT, a implicação é ajustar participações relativas e espessuras de fluxo nessas frentes, preservando a coerência global.

Houve pedidos de estratificação mais fina dentro das classes de mercadorias e, sobretudo, de camadas por modal/cadeia logística (rodoviário, ferroviário, dutoviário, hidroviário/cabotagem, aéreo), com simbologia/legendas mais explícitas — especialmente em áreas portuárias, onde a leitura de acessos viários e operações internas ficou pouco intuitiva para alguns usuários. A literatura recomenda diferenciar tipos de serviço (*liner* vs. *tramp*) e classes de carga para evitar que a hegemonia da containerização “aplane” a cartografia (Rodrigue, 2020). Segundo, quanto a importações e fronteiras: “não fica claro o peso das importações” (FSI31), “Paraguai não aparece com a relevância que deveria” (FSI31) e “falta mostrar melhor o Chile” (USI18). Isso reforça a necessidade de camadas e legendas que distingam doméstico vs. internacional, além de realçar portões fronteiriços — uma boa prática de modelagem para evitar confundir trânsitos com geração/absorção de demanda (Ortúzar & Willumsen, 2011). Terceiro, cabotagem: “não aparece aqui com a força que realmente tem” (USI39) e “como está refletida a carga da Zona Franca” (FSI22). Em países continentais com longas costas, a subestimação da cabotagem distorce prioridades de investimento e pode enviesar decisões de localização logística (Wilmsmeier & Notteboom, 2011; Rodrigue, 2020). Para o PIT, isso significa recalibrar a participação da cabotagem e corrigir eventuais leituras rodoviárias onde, de fato, o modal marítimo doméstico é predominante.

Há, também, questões de semiótica cartográfica. Um entrevistado estranha “rota que sobe para Amazonas/Acre” em contêineres, lembrando que esperaria “descida de madeira” e não vê sentido em “containerizar madeira” (USI33). Outro solicita dar mais ênfase a Santos (FSI32). Esses pontos não são meramente cosméticos: dizem respeito a coerência entre conteúdo e forma, crucial para que mapas sejam instrumentos analíticos e não apenas ilustrativos. A literatura reforça que a visualização deve comunicar magnitude, incerteza e direção de forma não ambígua (Rodrigue, 2020). Ajustes finos em simbologia, escalas e setas de direção—e a padronização de limiares de espessura por tipo de carga—podem reduzir interpretações divergentes.

Dois pedidos de inclusão/detalhamento completam o quadro. O primeiro refere-se a carga expressa e *last mile*, “um dos setores que mais cresce” (UMP34), e ao aéreo cargueiro “que tem crescido muito” (UMP34). Cabe destacar que o modal aéreo não foi apresentado nos carregamentos e não foi contemplado na simulação do PIT. A expansão do *e-commerce* e a reconfiguração da logística urbana e de alto valor têm sido documentadas por estudos de *urban freight* e de geografia do transporte (Hesse & Rodrigue, 2004; Rodrigue, 2020). Ignorar essas camadas pode subestimar pressões de capacidade em hubs aéreos/rodoviários e a necessidade de infraestruturas de consolidação/desconsolidação. O segundo diz respeito à desagregação por produto em granéis sólidos: houve solicitação de visão isolada para concentrado de cobre (ASI26). Na ótica de modelagem, trata-se de aumentar a resolução por commodity crítica, algo recomendado quando cadeias específicas têm padrões espaciais distintos e sensibilidade própria a gargalos (Ortúzar & Willumsen, 2011).

Tabela 8: Ajustes - Cargas Gerais

<i>Macro produto³</i>	<i>Região/Corredor</i>	<i>Ação Recomendada</i>	<i>Descrição da Subcategoria Axial</i>
<i>Outras CGC</i>	BR-101 / BR-470 (SC/PR/Sudeste)	Manter	Fluxos de contêineres refletem bem a realidade, com destaque para a BR-101 como eixo sobrecarregado (FSI03).
<i>Outras CGNC</i>	Feira de Santana–Fortaleza (BA–CE)	Manter	Fluxo calçadista destacado como linha principal; coerente com incentivos fiscais ao setor no Ceará (USI12).
<i>Outras CGNC</i>	Nacional (visão geral)	Manter	Mapa considerado condizente com operações, recebendo nota máxima em mais de uma entrevista (USI12; FSI13; USI44).
<i>Outras CGNC</i>	Portos do Arco Norte e Sudeste	Manter	Representação dos portos considerada

³ Nota metodológica (escopo das camadas CGC/CGNC): Nesta seção, “CGC” e “CGNC” referem-se aos totais do grupo conforme a taxonomia do PIT/PNL 2050 (agregando todas as subclasses internas). Não se tratam dos macro produtos residuais “Outras CGC” ou “Outras CGNC”. Os mapas apresentados aos entrevistados foram, portanto, CGC total e CGNC total, e as validações aqui reportadas dizem respeito a esses totais.

			adequada; fluxos reais reconhecidos (FSI13).
<i>Outras CGNC</i>	Portos de Suape e Pecém	Recalibrar	Movimentação portuária no Nordeste aparece subestimada; ajustar intensidade (FSI13).
<i>Outras CGC</i>	Santos, Rio de Janeiro e Nordeste	Manter	Santos corretamente representado como polo principal, seguido por Rio e Nordeste (FSI16).
<i>Outras CGNC</i>	Nacional (break bulk)	Detalhar	Fluxos de carga geral/ <i>break bulk</i> não estão claros; precisam maior visibilidade pela relevância (FSI16).
<i>Outras CGNC</i>	Sul do Brasil – fronteira Argentina/Uruguai	Manter	Fluxos rodoviários internacionais condizentes com a prática (USI18).
<i>Outras CGNC</i>	Rotas rodoviárias para o Chile	Recalibrar	Fluxos em direção ao Chile aparecem subestimados; reforçar intensidade (USI18).
<i>Outras CGC</i>	São Paulo – Rio de Janeiro	Recalibrar	Fluxos de contêineres nesse eixo estão menores que a realidade; recalibrar (FSI19).
<i>Outras CGC</i>	Interior de SP, Mato Grosso, Norte e Nordeste	Manter	Fluxos de cargas containerizáveis (ex. algodão e açúcar) bem representados; validação com nota 5 (FSI22).
<i>Outras CGC</i>	Manaus / Zona Franca	Recalibrar	Representação parcial e pouco clara da cabotagem; ajustar intensidade e modal predominante (FSI22).
<i>Outras CGC</i>	Rodovias principais	Manter	Fluxos rodoviários estão bem alinhados à realidade (USI24).
<i>Outras CGC</i>	Minas Gerais (intraestadual; BR-381 SP↔BH; BR-262/381 BH↔ES)	Recalibrar	Aumentar a espessura dos fluxos CGC intra-MG e dos eixos MG↔SP (BR-381/Fernão Dias) e

			MG↔ES (BR-262/381), hoje subestimados, refletindo maior circulação observada por operadores (USI24).
<i>Outros GSM (Concentrado de cobre)</i>	Nacional (fluxos Vale)	Detalhar	Necessidade de mapa específico ou maior detalhamento para concentrado de cobre, pela relevância do produto (ASI26).
<i>Outras CGC</i>	Porto de Santos	Manter	Fluxos para Santos considerados aderentes à realidade (FSI27).
<i>Outras CGC</i>	Porto de Paranaguá	Recalibrar	Fluxo de contêineres subestimado para Paranaguá; ajustar volumes (FSI27).
<i>Outras CGC</i>	Fluxos de importação (Geral)	Detalhar	Mapas não representam adequadamente as importações, sobretudo rodoviárias; incluir camadas específicas (FSI31).
<i>Outras CGNC</i>	Fronteira Paraguai–Brasil	Recalibrar	Fluxo de entrada pelo Paraguai está subestimado; reforçar relevância (FSI31).
<i>Outras CGC</i>	Fluxos domésticos vs. internacionais	Detalhar	Falta distinção entre fluxos internos e externos; incluir legendas e camadas diferenciadas (FSI31).
<i>Outras CGC</i>	Porto de Santos (ênfase)	Recalibrar	Santos deveria ter maior destaque visual, refletindo seu papel central no comércio exterior (FSI32).
<i>Outras CGC</i>	Região Norte (Amazonas/Acre)	Detalhar	Rota ascendente para Amazonas/Acre considerada estranha; sugerida revisão sobre containerização de madeira (USI33).
<i>Outras CGC</i>	Carga expressa (<i>last mile</i>)	Detalhar	Mapas não capturam fluxos de e-commerce e cargas expressas, que

			crescem fortemente (UMP34).
Outras CGC	Transporte aéreo (aviação cargueira)	Incluir	Relevância crescente da aviação cargueira não presente no modelo (UMP34).
Outras CGC	Fluxos nacionais (rodoviários)	Manter	Fluxos rodoviários gerais considerados aderentes (USI36).
Outras CGC	Cabotagem – litoral brasileiro	Recalibrar	Cabotagem aparece pouco representada; necessário reforço frente ao crescimento do setor (USI39).

Fonte: FDC (2025)

Em síntese, as entrevistas sugerem que os mapas do PIT já espelham com boa fidelidade os corredores estruturantes (Santos, BR-101/470, ligações Sul–Mercosul), mas demandam recalibrações direcionadas (Nordeste portuário, SP–RJ, Paranaguá, Minas e Chile), camadas adicionais (importações, fronteiras, distinção doméstico-internacional), maior ênfase modal (cabotagem) e desagregações temáticas (break bulk, e-commerce/last mile, aéreo cargueiro, commodities específicas). Alinhar forma e conteúdo, com simbologia padronizada e distinções claras por tipo de fluxo, reduz erro de especificação visual e melhora a capacidade do modelo de orientar decisões de investimento no horizonte 2030–2050.

Cimento e Siderúrgicos

Os achados para Construções e Siderúrgicos apontam três movimentos complementares para o ajuste das matrizes do PIT: (i) validação cautelosa de cimento com baixa confiança declarada, (ii) necessidade de desagregar o tipo de carga nos produtos siderúrgicos (carga fracionada vs. carga cheia/break bulk) e (iii) recalibragem da cabotagem em obras de ferro fundido ao longo do litoral brasileiro. Em conjunto, esses pontos reforçam que a qualidade dos mapas depende não apenas de volumes e destinos, mas também de atributos logísticos da mercadoria (valor-peso, manuseio, acondicionamento e modal dominante), exatamente como preconiza a literatura de geografia dos transportes e de modelagem de redes (Rodrigue, 2020; Ortúzar & Willumsen, 2011).

Os dados relacionados ao cimento indicam a aderência visual sem segurança para validar (“me parece OK... não me sinto à vontade para dar uma nota”, FSI02). Essa postura é consistente com a natureza do produto: baixo valor por unidade de peso, forte sensibilidade a custo de transporte e alcances predominantemente regionais com preponderância rodoviária para distribuição curta, o que exige granularidade fina em torno de polos de produção e mercados consumidores (Rodrigue, 2020). Para o PIT, a inferência é manter a representação atual com marcação explícita de confiança e, quando possível, cruzar notas fiscais e georreferenciamento de plantas para verificar raios de atendimento e intensidades por corredor antes de qualquer recalibragem. Em termos metodológicos, essa abordagem evita ajustes “à força” sobre uma base informacional que o próprio respondente qualifica como insuficiente para validação.

Nos produtos siderúrgicos, relatos como “o mapa generaliza muito... carga fracionada é diferente de carga cheia, e isso não aparece” (USI04) são diretos. A literatura alerta para o risco de unir, em uma mesma camada, cargas com lógicas operacionais distintas: a fracionada tende a usar malhas de consolidação/distribuição e KPIs de frequência e capilaridade; já bobinas, chapas e outros itens pesados seguem lógicas de *break bulk*/intermodal com restrições de manuseio, pesos por eixo e janelas portuárias (Rodrigue, 2020). Do ponto de vista de modelagem, a solução é detalhar a camada siderúrgica por classe de carga e serviço (fracionada, cheia/*break bulk*, eventualmente containerizada), permitindo escalas visuais e pesos relativos coerentes. Além de reduzir erro de especificação, essa separação melhora a leitura estratégica de onde estão os nós de consolidação e como variam os custos generalizados por subcadeia (Ortúzar & Willumsen, 2011).

Para obras de ferro fundido, a crítica foi a subestimação da cabotagem: “não está aparecendo como deveria; tem muito mais peso hoje” (USI38). Isso dialoga com a evidência internacional de que *short sea shipping*/cabotagem reconfigura gradualmente as hinterlândias costeiras quando custos, frequência de serviço e confiabilidade melhoram, deslocando cargas pesadas e volumosas do rodoviário de longa distância (Wilmsmeier & Notteboom, 2011; Notteboom & Rodrigue, 2005). Ignorar esse ganho relativo tende a superestimar corredores rodoviários e subpriorizar investimentos portuários/terminais que sustentam o crescimento do modal marítimo doméstico. Para o PIT, o ajuste recomendado é recalibrar a participação da cabotagem nos fluxos de obras de ferro fundido — com camada própria e simbologia distinta — e revisar as espessuras dos corredores rodoviários onde houver substituição modal observável.

Tabela 9: Ajustes - Construções e Siderúrgicos

Macro produto	Região/Corredor	Ação Recomendada	Descrição da Subcategoria Axial
<i>Cimento</i>	Ceará, Pernambuco, Pará, Manaus	Manter	Fluxos representados parecem coerentes, mas a análise do discurso não possibilitou validações específicas e embasadas. Além disso, não foram apontados problemas concretos.
<i>Produtos siderúrgicos</i>	Geral	Detalhar	O mapa não diferencia carga fracionada de carga cheia, o que pode distorcer a análise para segmentos específicos; detalhar tipos de carga para aumentar a utilidade.
<i>Obras de ferro fundido</i>	Litoral brasileiro	Recalibrar	A cabotagem aparece subdimensionada, apesar de sua crescente relevância no transporte; é necessário ajustar sua intensidade para refletir o cenário atual.

Fonte: FDC (2025)

Em síntese, os depoimentos reforçam três decisões de modelagem com aderência à literatura: manter cimento com sinalização de incerteza até nova validação empírica; detalhar siderúrgicos por tipo de carga/serviço para evitar que a média esconda extremos; e recalibrar a cabotagem em obras de ferro fundido, refletindo sua crescente participação. Essas mudanças aumentam a fidedignidade dos mapas do PIT e reduzem o risco de erro de especificação visual, aproximando a ferramenta cartográfica da realidade operacional e tornando-a mais útil para decisões de investimento no horizonte 2030–2050 (Rodrigue, 2020; Ortúzar & Willumsen, 2011).

Combustíveis

Os achados para Combustíveis apresentam uma mensagem clara: os corredores centrais de derivados e grãos líquidos estão, em geral, bem capturados pelos mapas, mas há lacunas estruturais que exigem ajustes de modelagem e de semiótica cartográfica—em especial a camada dutoviária, a cabotagem amazônica, a desagregação de biocombustíveis (etanol × biodiesel) e a sazonalidade dos fluxos. Em termos de aderência, múltiplas validações reforçam a espinha dorsal do sistema— “está bem dentro do que a gente conhece” (FSI06); “combustível está certinho... sai de Manaus e Belém para o interior” (FSI11); “está bem parecido... para mim é exatamente isso” (USI43); e “essa aí tá mais crível” (USI42). Essa convergência se alinha ao que a literatura descreve sobre a persistência de *gateways* e serviços dominantes quando há economias de densidade e oferta regular (Notteboom & Rodrigue, 2005; Wilmsmeier & Notteboom, 2011; Rodrigue, 2020).

A principal lacuna estrutural é a ausência de rotas dutoviárias: “faltam os dutos... parte essencial dessa movimentação” (FSI06). Em termos de modelagem, pipelines alteram profundamente o custo generalizado, a confiabilidade e a direcionalidade do sistema, funcionando como capilaridade rígida que redistribui cargas entre bases e terminais (Ortúzar & Willumsen, 2011; Rodrigue, 2020). Sua omissão tende a superestimar o papel do rodoviário e a subestimar nós de transferência dutoviário–rodoviário–marítimo. Para o PIT, a solução é incluir uma camada dutoviária dedicada, com atributos de capacidade, regime operacional e pontos de interface modal.

Nos fluxos amazônicos, duas evidências se reforçam. Primeira, a validação do papel de Manaus/Belém na distribuição regional (FSI11). Segunda, a correção modal do trecho Manaus–Belém: “ele tá dizendo que tá vindo... de caminhão... não faz sentido, vai de cabotagem” (FSI45). A literatura de *short sea shipping* mostra que, quando a frequência e a confiabilidade da cabotagem crescem, há substituição modal do rodoviário de longa distância para o marítimo doméstico—com reconfiguração de hinterlândias costeiras e fluviais (Wilmsmeier & Notteboom, 2011; Rodrigue, 2020). Logo, o mapa deve recalibrar a participação da cabotagem e corrigir quaisquer trajetos rodoviários “impossíveis” nesse eixo, inclusive incluir o fluxo de subida pelo Tapajós mencionado como ausente (USI42).

Duas críticas metodológicas são centrais para biocombustíveis. A primeira é conceitual: “vocês misturam biodiesel com etanol. Daí não dá” (USI29). Etanol (origem agrícola, forte sazonalidade, distribuição voltada a grandes centros consumidores) e biodiesel (mistura obrigatória ao diesel, cadeias de matéria-prima heterogêneas) respondem a determinantes logísticos distintos (Goldemberg et al., 2008). Agregar ambos aplanam diferenças e prejudica a leitura de gargalos. A segunda é temporal: “se você quebrar por períodos, a gente tem safra e entressafra” (USI43). Em cadeias agro energéticas, representar janelas sazonais melhora a previsão de picos de demanda de transporte e reduz viés em estimativas anuais (Ortúzar & Willumsen, 2011). Para o PIT, implica separar etanol e biodiesel em camadas próprias e incorporar sazonalidade (mínimo: dois regimes/ano).

Tabela 10: Ajustes - Energia e Combustíveis

Macro produto	Região/Corredor	Ação Recomendada	Descrição da Subcategoria Axial
<i>Combustíveis derivados do petróleo</i>	Geral – granéis líquidos	Manter	Fluxos de granéis líquidos (etanol e combustíveis) foram validados como aderentes à realidade, confirmando coerência do mapa.
<i>Combustíveis derivados do petróleo</i>	Rotas dutoviárias	Incluir	Falta de representação das rotas de dutos, essenciais para o setor de combustíveis, reduz a precisão do mapa.
<i>Combustíveis derivados do petróleo</i>	Manaus e Belém	Manter	Fluxos de combustíveis a partir de Manaus e Belém foram confirmados como corretos e bem representados.
<i>Biocombustíveis</i>	Geral	Detalhar	Mapa mistura etanol e biodiesel, produtos com dinâmicas distintas; é necessária a separação dos fluxos.
<i>Combustíveis derivados do petróleo</i>	Geral – derivados (predomínio do diesel)	Recalibrar	Fluxo de derivados mostra adequadamente diesel, mas a representação foi considerada apenas parcialmente satisfatória.
<i>Combustíveis derivados do petróleo</i>	São Paulo, Paraná, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia, Rio Grande do Sul	Manter	Fluxos de derivados foram considerados coerentes com a realidade logística, especialmente em Santos, São Sebastião e portos do Sul e Sudeste.
<i>Combustíveis derivados do petróleo</i>	Rio Grande do Sul	Recalibrar	Fluxo no RS parece subestimado; sugerida revisão da espessura da linha rodoviária para refletir maior movimentação.
<i>Combustíveis derivados do petróleo</i>	Tapajós / Amazonas	Incluir	Ausência de fluxo relevante de combustíveis subindo pelo Tapajós até o Amazonas, que deveria aparecer no mapa.
<i>Combustíveis derivados do petróleo</i>	Nacional	Manter	Fluxos nacionais de derivados foram confirmados como fiéis à realidade da logística das empresas.
<i>Biocombustíveis</i>	Nacional	Manter	Fluxos de biocombustíveis foram validados como aderentes, destacando São Paulo como grande consumidor.
<i>Biocombustíveis</i>	Nordeste	Detalhar	Mapa não diferencia entre períodos de safra e entressafra, o que pode distorcer fluxos sazonais.

Óleo Bruto

Manaus – Belém

Recalibrar

Representação indica fluxo rodoviário via Porto Velho, mas na prática ocorre por cabotagem, exigindo correção metodológica.

Fonte: FDC (2025)

Algumas correções são regionais e de espessura de fluxo: “no RS... espessura fininha... acho que tem movimento maior” (USI42); “SP–RJ menor do que deveria” (USI29, ainda que focada em derivados). Tais ajustes são esperados quando pequenas variações de custo/frequência deslocam tráfego marginal entre rotas (Notteboom & Rodrigue, 2005). Há também pedidos de ênfase semiótica: tornar evidente Santos/São Sebastião e hubs do Sudeste/Sul (USI42; validações em USI43). Em termos de produto, isso requer padronizar escalas de espessura por macro produto, explicitar direção/legendas e destacar o que é dutoviário, rodoviário, hidroviário e cabotagem—evitando leituras ambíguas (Rodrigue, 2020).

Diesel como dominante e “pontos cegos” dos derivados: A fala “a maior parte... deve ser diesel mesmo” (USI29) confirma um viés esperado da matriz de derivados. Contudo, a avaliação “eu diria 3” sugere lacunas (por exemplo, interfaces de suprimento e redistribuição regional) que o mapa não comunica bem. Para o PIT, recalibrar a representação de diesel sem “apagar” correntes de gasolina/querosene é desejável; a literatura recomenda classes de produto com simbologia distinta quando a predominância de um item oculta dinâmicas relevantes de outros (Ortúzar & Willumsen, 2011).

Minérios

Os resultados da validação dos mapas de carregamento de minério de ferro revelam um quadro de relativa robustez metodológica do PIT, mas também destacam pontos de ajuste necessários para garantir maior aderência empírica à realidade observada pelas empresas entrevistadas. Essa complementaridade entre modelagem técnica e validação qualitativa é coerente com a literatura sobre *foresight* aplicado à logística, que ressalta a importância de integrar dados históricos a percepções de atores-chave para refinar projeções (Rohrbeck & Kum, 2018; Vecchiato, 2015).

Em primeiro lugar, observa-se uma forte validação dos fluxos tradicionais de minério, em especial no eixo Minas Gerais–Pará–Espírito Santo. Diversos entrevistados confirmaram a adequação dos mapas, reforçando que os fluxos projetados refletem fielmente a movimentação atual: “Está certo sim, minério é isso mesmo, sai de Minas e Pará e vai para o Espírito Santo” (USI09); “Está correto sim, o minério de ferro sai de Minas e segue para Rio e Espírito Santo” (FSI19). Esse padrão de validação sugere que os dados do PIT conseguem capturar de forma adequada as dinâmicas estruturais do setor, alinhando-se à literatura que descreve cadeias de minério ancoradas em contratos de longo prazo e infraestrutura integrada porto-ferrovia no Brasil (Weschenfelder, 2015).

Por outro lado, emergem pontos críticos que evidenciam lacunas relevantes. Um deles é a subestimação dos fluxos de Minas Gerais, especialmente pelas BR-381 e BR-262, conforme destacado por USI05: “Minas está sempre forte, especialmente nas saídas pela 381 e 262, acho que no mapa está aparecendo menor do que realmente é”. Esse achado sugere a necessidade de recalibrar as matrizes, dado que volumes subestimados podem comprometer a priorização de investimentos logísticos nessas rotas. Estudos anteriores já apontaram

a centralidade de Minas Gerais na produção nacional de minério e sua sobrecarga sobre corredores rodoviários estratégicos (IPEA, 2021), corroborando a crítica dos entrevistados.

Além disso, foram identificadas lacunas de cobertura em regiões emergentes, como Mato Grosso do Sul e Bahia. FSI14 observou que “talvez não [esteja] aparecendo aí a operação de minério no Mato Grosso do Sul... Tem potencial no Bahia”, indicando que os mapas, embora adequados, ainda não capturam adequadamente a expansão territorial das operações. Esse ponto é consistente com a literatura sobre dinâmica regional da mineração, que enfatiza a necessidade de incorporar novos polos produtivos na modelagem prospectiva para evitar vieses excessivamente concentrados nos corredores tradicionais (Pellegrini & Oliveira, 2020).

No plano internacional, os entrevistados levantaram inconsistências relevantes na representação das rotas marítimas. O caso mais evidente refere-se ao Canal do Panamá, representado nos mapas como rota de exportação, mas rejeitado pelos entrevistados: “A saída do minério de ferro, aparentemente pelo canal do Panamá, que não existe esse fluxo. É tudo pelo cabo da Boa Esperança” (ASI26). Tal correção não é apenas técnica, mas estratégica, já que a rota via Cabo da Boa Esperança é dominante no comércio Brasil-Ásia (World Bank, 2023), e sua má representação poderia gerar distorções nos cenários de longo prazo.

Outro ponto crítico refere-se à superestimação dos fluxos destinados à Europa. Como pontuou ASI26: “A cabotagem e Europa que a gente tá enxergando aí nessas linhas na faixa de 100 milhões de toneladas... Talvez esteja um pouco superestimado”. Esse achado reforça a necessidade de recalibrar volumes de exportação para destinos europeus, ajustando-os às tendências de demanda global, que vêm sendo crescentemente orientadas para a Ásia, especialmente China e Índia (OECD/FAO, 2023).

Por fim, também foram destacadas inconsistências na espessura de linhas que representam fluxos de cabotagem, notadamente entre Rio de Janeiro e Espírito Santo. Para ASI26, “a linha entre Rio de Janeiro e Espírito Santo deveria ser um pouco mais fina”, sugerindo que o mapa atribui maior peso à cabotagem do que a realidade justificaria, já que a maior parte das cargas do Rio tem destino direto à Ásia. Esse tipo de distorção visual, embora sutil, pode comprometer a interpretação dos mapas por formuladores de políticas públicas e stakeholders.

Tabela 11: Ajustes - Minérios

Macro produto	Região/Corredor	Ação Recomendada	Descrição da Subcategoria Axial
<i>Minério de Ferro</i>	Minas Gerais (BR-381 e BR-262)	Recalibrar	Fluxos de minério originados em MG estão subestimados, especialmente pelas saídas da BR-381 e BR-262.
<i>Minério de Ferro</i>	Minas Gerais, Pará → Espírito Santo	Manter	Vários entrevistados confirmaram que os fluxos de minério de MG e PA para o ES estão corretos e realistas.
<i>Minério de Ferro</i>	Piauí, Ceará → Porto do Pecém	Manter	Fluxos de minério do Piauí e Ceará em direção ao Pecém foram validados positivamente.
<i>Minério de Ferro</i>	Minas Gerais, Pará, Mato Grosso do Sul, Bahia	Incluir	Necessidade de atualizar com operações emergentes no MS e potenciais na Bahia, além das já consolidadas.

<i>Minério de Ferro</i>	Minas Gerais → Rio de Janeiro / Espírito Santo (via MRS)	Manter	Representação da malha da MRS validada, confirmando a rota MG–RJ–ES.
<i>Minério de Ferro</i>	Rota internacional – exportação via Canal do Panamá	Recalibrar	Correção necessária: fluxo representado pelo Canal do Panamá deve ser ajustado para Cabo da Boa Esperança.
<i>Minério de Ferro</i>	Exportação para Europa	Recalibrar	Volume destinado à Europa aparenta estar superestimado (cerca de 100 milhões de t), devendo ser ajustado.
<i>Minério de Ferro</i>	Rio de Janeiro → Espírito Santo (cabotagem/exportação)	Recalibrar	Espessura da linha exagerada; maioria do fluxo do RJ é para exportação direta à Ásia, não para ES.

Fonte: FDC (2025)

Diante disso, os resultados indicam que, embora o PIT capture de maneira satisfatória a estrutura principal dos fluxos de minério, ajustes específicos são fundamentais para garantir representações mais precisas. O cruzamento entre dados técnicos e percepções de atores confirma a literatura que defende a combinação de forecasting quantitativo com abordagens qualitativas de foresight para aumentar a acurácia e legitimidade social das projeções (Wright & Cairns, 2011; Rohrbeck & Kum, 2018).

Produtos Florestais

A análise dos feedbacks referentes aos fluxos de produtos florestais e derivados (madeira, papel e celulose) evidencia um cenário relativamente consolidado para a celulose, mas ainda marcado por lacunas de representação no caso da madeira e do papel. Esses achados reforçam tanto a robustez dos carregamentos do PIT em alguns segmentos quanto a necessidade de ajustes pontuais para aumentar a acurácia e granularidade das representações.

No caso da celulose, a percepção de adequação foi recorrente entre os entrevistados. Empresas como FSI02 destacaram que “parece estar, está bem, bem, bem pertinente” ao avaliar os fluxos oriundos do Sul, Sudeste, Bahia e Maranhão, validando a representação dos principais polos exportadores. De modo semelhante, FSI14 confirmou que “pelo menos São Paulo, Mato Grosso do Sul... parece adequado”, enquanto USI17 reiterou que “os fluxos de celulose do Mato Grosso do Sul, São Paulo e Espírito Santo estão bem colocados”. Essas falas convergem com a literatura internacional, que posiciona o Brasil como líder global na produção e exportação de celulose branqueada de fibra curta, destacando a relevância de Mato Grosso do Sul, Bahia e Espírito Santo como epicentros logísticos dessa commodity (Santos et al., 2020; Pöyry, 2018). A consistência entre mapas e validações sugere que o PIT conseguiu capturar adequadamente o perfil exportador da celulose, reduzindo o risco de distorções estratégicas nesse segmento.

Por outro lado, os fluxos de madeira receberam críticas importantes. O entrevistado FSI03 apontou “essa parte aí parece estar desproporcional... parece estar um pouquinho desproporcional” ao se referir ao excesso de fluxo atribuído ao eixo Curitiba e à subestimação da intensidade em Santa Catarina. Já FSI11 foi mais contundente ao observar que “a madeira aqui está muito pequena, na prática é bem mais forte”, ao comentar sobre a região amazônica (Amazonas, Pará e Rondônia). Tais críticas convergem com a literatura

sobre a informalidade e a dificuldade de rastreamento da cadeia da madeira, em especial na Amazônia (Brancalion et al., 2018; Siqueira et al., 2021). A subestimação nesses corredores pode estar relacionada à baixa transparência estatística e à dispersão das rotas de escoamento, um desafio recorrente em bases nacionais e internacionais (FAO, 2022). Ajustes, portanto, são mandatórios para refletir de maneira mais fidedigna a dinâmica do setor madeireiro, que tem grande relevância econômica e ambiental.

Por fim, o segmento de papel aparece como uma lacuna na representação cartográfica do PIT. Apesar da confirmação da robustez dos fluxos de celulose, o entrevistado USI17 ressaltou que “está faltando mostrar melhor o papel, que também tem volume importante”. Essa crítica sugere que, embora os corredores de exportação de celulose sejam bem representados, a circulação de papel no mercado doméstico e internacional ainda carece de granularidade. A literatura sobre o setor já apontava para o crescimento consistente da indústria de papel no Brasil, tanto no mercado interno quanto nas exportações (Ibá, 2022), o que reforça a necessidade de maior detalhamento dessa cadeia dentro das matrizes de carregamento.

Tabela 12: Ajustes - Produtos Florestais

Macro produto	Região/Corredor	Ação Recomendada	Descrição da Subcategoria Axial
<i>Papel e Celulose</i>	RS, Sudeste, Bahia, Maranhão	Manter	Os fluxos de celulose foram validados como corretos e pertinentes, refletindo bem os polos de produção e exportação.
<i>Madeira e Carvão</i>	Curitiba/PR (porção norte do recorte Sul) – Caxias do Sul/RS – Imbituba/SC	Recalibrar	O mapa superestima fluxos no entorno de Curitiba/PR e subestima Santa Catarina (com destaque para o litoral sul/Imbituba) e a Serra Gaúcha (Caxias do Sul/RS). Rebalancear intensidades regionais, reforçando SC/RS e reduzindo a espessura atribuída ao eixo Curitiba.
<i>Madeira e Carvão</i>	Amazonas, Pará, Rondônia	Recalibrar	A intensidade dos fluxos amazônicos foi considerada muito baixa em relação à realidade; é necessário aumentar a representação desses corredores.
<i>Papel e Celulose</i>	Mato Grosso do Sul, São Paulo	Manter	Os fluxos de celulose nesses estados foram confirmados como adequados, em linha com a realidade logística.
<i>Papel e Celulose</i>	Mato Grosso do Sul, São Paulo, Espírito Santo	Manter	O mapa de carregamento representou corretamente os fluxos de celulose desses estados, destacando os principais corredores logísticos.
<i>Papel e Celulose</i>	Sudeste e Sul	Detalhar	Os fluxos de papel não aparecem com a mesma clareza que os de celulose; é necessário maior granularidade para evidenciar esse produto.

Fonte: FDC (2025)

De forma geral, os resultados revelam que os fluxos de celulose foram corretamente representados e validados de forma quase unânime, configurando um caso de “Manter”. Por outro lado, a madeira exige

“Recalibrar”, tanto em termos regionais (Curitiba e Santa Catarina) quanto setoriais (cadeia amazônica). Já o papel emerge como uma categoria que demanda “Detalhar”, de modo a evidenciar adequadamente sua relevância logística e comercial. Assim, os ajustes propostos vão além de uma revisão técnica dos mapas: eles dialogam com debates estruturais sobre sustentabilidade, informalidade e complexidade das cadeias florestais brasileiras, aproximando a análise empírica da literatura acadêmica e de relatórios setoriais.

Químicos

Os resultados referentes ao setor químico e petroquímico revelam a necessidade de ajustes significativos nas matrizes de carregamento do PIT, em especial no que se refere à diferenciação de fluxos, representação de polos estratégicos e inclusão de modais logísticos específicos. Esses achados dialogam diretamente com a literatura sobre cadeias de suprimento químicas, que ressaltam a complexidade e a especificidade desses fluxos, em contraste com outros setores industriais (Barbosa-Póvoa, 2012; Laínez & Puigjaner, 2012; Barbosa-Póvoa, 2014).

Houve pedidos de granularidade e legibilidade maiores — não por falta de mapas por grupo de carga (que já existiam, inclusive para Produtos Químicos), mas porque parte dos respondentes relatou dificuldade de leitura: paleta/contraste e escalas variavam entre produtos, e alguns fluxos espessos geraram dúvidas sobre a natureza do carregamento. Em ‘Produtos Químicos’, por exemplo, registrou-se comentário de que ‘a cor não facilita muito’ e questionamentos sobre linhas muito intensas em certos eixos, ainda que o grupo estivesse segregado no mapa. Por isso, a melhoria requerida concentra-se em (i) padronizar escalas/simbologia entre grupos; (ii) tornar explícita a camada/modal no entorno portuário; e (iii) adicionar anotações em corredores que tipicamente confundem o leitor. Essa percepção sugere a necessidade de maior granularidade no mapeamento, já que a literatura aponta que cadeias químicas demandam sistemas de monitoramento e representação próprios, dado o alto valor agregado e a sensibilidade de segurança (Erkut et al., 2007; Guo et al., 2022; Zhang et al., 2022). Ignorar tais particularidades pode levar a erros estratégicos na alocação de investimentos em infraestrutura e no desenho de políticas de transporte.

Outro achado importante refere-se à subestimação da relevância do polo de Camaçari. Como ressaltado pelo entrevistado USI41, “O polo de Camaçari é um dos maiores do Brasil e não aparece com a relevância que deveria”. Este polo é reconhecido pela literatura técnica e pela própria indústria como um dos principais complexos petroquímicos da América Latina (Abiquim, 2023). Sua sub-representação nos mapas sugere uma distorção que pode afetar não apenas a percepção do setor, mas também o planejamento de infraestrutura conectada a esse hub estratégico.

Além disso, a ausência de dutovias no mapeamento foi considerada uma lacuna crítica. Segundo USI41, “As dutovias não aparecem, e são parte essencial da nossa logística”. A literatura reforça que o modal dutoviário desempenha papel central na competitividade da indústria química, sendo considerado um dos mais seguros e eficientes para o transporte de produtos perigosos (European Chemical Transport Association, 2022). A não inclusão desse modal pode reduzir a aderência dos mapas à realidade operacional do setor e comprometer análises prospectivas sobre investimentos em infraestrutura.

A questão da nafta petroquímica também merece atenção. Conforme apontado por USI42, “a nafta [...] deveria entrar mais pela Bahia, vai entrar no Rio, vai entrar em São Paulo e vai entrar no Rio Grande do Sul... Então não, não fecha muito para mim”. Esse feedback revela inconsistências relevantes, já que a nafta é

matéria-prima fundamental para a petroquímica e sua circulação segue padrões bem documentados na literatura e relatórios técnicos (OECD/IEA, 2023). Representações imprecisas desses fluxos podem prejudicar projeções estratégicas, tanto no planejamento de cabotagem quanto no alinhamento de investimentos logísticos.

Tabela 13: Ajustes - Químicos

<i>Macro produto</i>	<i>Região/Corredor</i>	<i>Ação Recomendada</i>	<i>Descrição da Subcategoria Axial</i>
<i>Produtos químicos</i>	Geral	Detalhar	A camada de Produtos Químicos já está segregada, porém a leitura ficou pouco saliente em alguns corredores por paleta/contraste e escalas de espessura heterogêneas entre grupos; surgiram dúvidas sobre linhas muito espessas e sobre a natureza modal do fluxo. Ajustes propostos: (i) padronizar a escala de espessuras entre grupos; (ii) adotar paleta de alto contraste dedicada a Químicos; (iii) incluir pictogramas/labels de modal (duto/rodovia/ferrovia) nos acessos portuários; (iv) criar mapas de detalhe (insets) para polos/pátios petroquímicos e eixos dutoviários; (v) acrescentar nota de legenda quando o traçado representar duto (vs. rodovia). Evidência: USI41 (comentários sobre cor/escala e linhas intensas).
<i>Petroquímicos Sólidos e Produtos químicos</i>	Bahia – Polo de Camaçari	Recalibrar	O polo de Camaçari, um dos maiores do país, aparece subestimado; correção é necessária para refletir sua real importância logística e produtiva.
<i>Produtos químicos</i>	Dutovias	Incluir	As dutovias não aparecem no mapa, embora sejam parte essencial da logística de químicos e petroquímicos; devem ser incorporadas à representação.
<i>Petroquímicos Sólidos</i>	Bahia, Rio de Janeiro, São Paulo e Rio Grande do Sul	Recalibrar	Os fluxos de nafta estão inconsistentes; deveriam se concentrar mais fortemente na Bahia, Rio, São Paulo e Rio Grande do Sul, com cabotagem também considerada.
<i>Petroquímicos Sólidos</i>	Espírito Santo	Detalhar	O estado deveria ter uma linha fina representando a transferência de derivados do Rio de Janeiro, para evidenciar esse fluxo secundário, mas relevante.

Fonte: FDC (2025)

Por fim, observou-se a sugestão de maior detalhamento em fluxos secundários, como a transferência de derivados para o Espírito Santo. A entrevistada USI42 destacou que “Deveria ter uma linhazinha fina” para representar esse movimento. Embora em menor escala, esses ajustes contribuem para a aderência dos

mapas à realidade empírica e permitem que corredores logísticos regionais sejam considerados no planejamento. A literatura mostra que fluxos secundários podem ser decisivos para equilibrar cadeias regionais, especialmente em setores de alta complexidade como o petroquímico (Rodríguez, 2020; Notteboom et al., 2022).

No conjunto, os resultados reforçam a necessidade de uma abordagem metodológica mais sensível às especificidades da indústria química e petroquímica. A incorporação de diferenciações, recalibrações e detalhamentos sugeridos pelos entrevistados aumenta a precisão das matrizes de carregamento, além de contribuir para que o PIT cumpra seu papel como ferramenta de planejamento estratégico de longo prazo.

Ajustes dos Mapas de Saturação

A análise dos feedbacks relativos aos mapas de saturação revelou-se fundamental para aprimorar os mapas elaborados no âmbito do PIT, permitindo a validação das representações já consolidadas, ao mesmo tempo que identifica pontos de revisão e aprofundamento. Nesse processo, a análise do discurso norteou a categorização dos resultados, uma vez que não nos limitamos a registrar a concordância ou discordância dos entrevistados: buscamos compreender o tom, a intensidade e a base argumentativa das falas, distinguindo percepções conservadoras, cautelosas ou agressivas. Essa leitura discursiva foi decisiva para avaliar o peso de cada sugestão e sua relevância para ajustes metodológicos.

Os resultados apontaram três tipos de demanda. (i) Confirmações de coerência entre os mapas de saturação (V/C de pico) e a experiência operacional; (ii) indícios de subestimação local da saturação, sugerindo recalibração de limiares/escala; e (iii) pedidos de camadas complementares diretamente ligadas à leitura de saturação, como acidentes/segurança viária, restrições urbanas e recortes intraurbanos. Assim, a análise cobriu desde corredores de exportação e acessos portuários até rodovias federais, centros urbanos e regiões metropolitanas, refletindo a complexidade de um sistema logístico nacional em transformação.

Assim, este tópico discute como as contribuições qualitativas dos entrevistados foram incorporadas de forma crítica e seletiva, servindo como base para os ajustes das matrizes de saturação e fortalecendo a aderência entre os instrumentos de modelagem técnica e a realidade vivida pelos agentes do setor.

Acessos Portuários

Os resultados obtidos evidenciam uma recorrência de percepções sobre a subestimação da saturação portuária nos mapas elaborados pelo Plano Integrado de Transportes (PIT). Em diversas entrevistas, os participantes destacaram que os gargalos logísticos associados aos acessos aos portos representam um dos principais limitadores da competitividade do sistema de transporte nacional.

Entrevistados reforçaram que os mapas de saturação refletem corretamente a gravidade dos acessos terrestres, sobretudo em corredores estratégicos como Santos e Rio de Janeiro. Um participante afirmou: “Está certo, nosso maior problema está nos acessos, principalmente em Santos” (FSI16), corroborando a literatura que identifica os acessos portuários como os pontos mais críticos de ineficiência logística no Brasil (Oliveira & Lima, 2022). Da mesma forma, outro entrevistado destacou a correta identificação do gargalo no contorno de Campos (RJ), ligado ao Porto do Açu: “A manchinha vermelha lá deve ser Campos... que vai

chegar lá no Porto do Açu” (FSI20). Essa validação pontual sugere que, em alguns casos, o PIT conseguiu capturar adequadamente os pontos críticos.

No entanto, a maior parte das falas sinaliza um desalinhamento entre a percepção dos agentes de mercado e a intensidade representada nos mapas. Como observou um entrevistado: “Os portos do Sul estão sempre cheios, com filas grandes, e aqui não parece tão grave” (USI30). Outro acrescentou: “Os portos já estão operando no limite e isso não aparece com a gravidade que deveria no mapa de saturação” (FSI32). Esses relatos convergem para a percepção de que há uma subestimação sistemática da saturação portuária nos instrumentos de planejamento.

Tabela 14: Ajustes - Acessos Portuários

<i>Rodovia/Regional</i>	<i>Ajustes</i>	<i>Ajuste Necessário</i>
<i>Acesso Portuários</i>	Recalibrar	Ajustar o mapa de saturação para Acesso Portuários, elevando o nível de saturação. — justificativa: “nosso maior problema está nos acessos, principalmente em Santos.”
<i>Rio de Janeiro</i>	Recalibrar	Ajustar o mapa de saturação para Rio de Janeiro, elevando o nível de saturação. — justificativa: “A manchinha vermelha lá deve ser Campos um pouquinho pra baixo, né?...”
<i>Portos do Sul do Brasil</i>	Recalibrar	Ajustar o mapa de saturação para Portos do Sul do Brasil, elevando o nível de saturação. — justificativa: “Os portos do Sul estão sempre cheios, com filas grandes, e aqui...”
<i>Rodovias e portos nacionais</i>	Recalibrar	Ajustar o mapa de saturação para Rodovias e portos nacionais, elevando o nível de saturação. — justificativa: “esse mapa tá muito otimista, a situação real é pior do que mostra....”
<i>Portos</i>	Recalibrar	Ajustar o mapa de saturação para Portos, ajustando pontualmente o nível de saturação. — justificativa: “A saturação em portos estratégicos não aparece com clareza nesses mapas....”
<i>Portos nacionais</i>	Recalibrar	Ajustar o mapa de saturação para Portos nacionais, elevando o nível de saturação. — justificativa: “Os portos já estão saturados e isso não aparece com clareza no mapa de saturação...”
<i>Portos do Arco Sul e Norte</i>	Recalibrar	Ajustar o mapa de saturação para Portos do Arco Sul e Norte, elevando o nível de saturação. — justificativa: “Os portos estão saturados, e isso não aparece do jeito que deveria aqui...”

Fonte: FDC (2025)

A literatura internacional aponta que representações imprecisas da saturação podem comprometer a eficácia de políticas públicas de infraestrutura. Por exemplo, estudos ressaltam que mapas de saturação e matrizes origem-destino precisam incorporar para além dos volumes projetados, considerando gargalos operacionais e filas de espera em portos (Notteboom et al., 2022; Wilmsmeier & Monios, 2020). Trechos avaliando os mapas como “otimista” – “Eu acho que esse mapa tá muito otimista, a situação real é pior do que mostra” (USI30) – ecoam essas críticas e reforça a necessidade de recalibragem metodológica.

Outro ponto relevante é que, embora alguns entrevistados tenham validado positivamente os mapas (FSI10; FSI13; FSI16), atribuindo notas elevadas de coerência, a maioria sugeriu revisões na intensidade de saturação. Isso sugere que o problema não é a identificação espacial dos gargalos, mas sim a calibragem da sua

intensidade. Como afirmou um respondente: “Os portos estão saturados, e isso não aparece do jeito que deveria aqui” (USI35). Essa percepção está em linha com relatórios de organismos multilaterais, como a OCDE (OECD/ITF, 2021), que destacam a defasagem entre dados oficiais e a realidade operacional enfrentada por operadores logísticos no Brasil.

Em síntese, os achados reforçam a necessidade de aprimorar a calibragem das matrizes de saturação do PIT, incorporando dados empíricos mais próximos da experiência dos usuários. A triangulação entre modelagem técnica e *foresight* qualitativo, como praticado neste estudo, amplia a confiabilidade das projeções e permite capturar a intensidade real dos gargalos portuários. Essa abordagem se mostra especialmente relevante quando o objetivo é fundamentar decisões de investimento de longo prazo em infraestrutura logística.

Centros Urbanos

Os resultados referentes à saturação nos centros urbanos e regiões metropolitanas revelam uma tensão entre a percepção dos entrevistados e a forma como o Plano Integrado de Transportes (PIT) representou esses gargalos nos mapas de saturação. Embora haja validação de alguns trechos críticos, prevalece a percepção de que os congestionamentos intraurbanos e nos anéis viários metropolitanos foram subestimados.

De um lado, alguns participantes reforçaram a aderência dos mapas em pontos específicos. Por exemplo, um entrevistado destacou: “Esse aqui está certo, é exatamente onde a gente enfrenta saturação” (FSI06), validando a identificação de gargalos urbanos associados ao transporte de graneis líquidos. Essa percepção converge com a literatura que reconhece a importância da integração porto–cidade e dos corredores logísticos metropolitanos como elementos críticos para a fluidez das cadeias de suprimento (Merk, 2018).

Por outro lado, a maior parte das falas sugere que a intensidade da saturação urbana foi subestimada. Um entrevistado foi enfático ao apontar a gravidade dos acessos a Santos: “A rodovia Anchieta, esse momento, ela está parada, está congestionada, que é a rotina do dia a dia... você tem uma ineficiência muito grande, porque o volume de carga e de contêiner circulando, seja dentro de Santos, ou seja no acesso à São Paulo, ele não dá conta do volume” (FSI22). Esse relato evidencia que a saturação não é apenas episódica, mas estrutural, refletindo um padrão de recorrência que compromete tanto a logística de cargas quanto a mobilidade urbana. A literatura sobre logística urbana confirma que corredores portuários inseridos em áreas metropolitanas sofrem com sobrecarga crônica, demandando estratégias integradas de governança (Raimbault, 2019; Witte et al., 2014; Notteboom, et al., 2022).

Ainda mais críticas foram as falas que ressaltaram a ausência de detalhamento nos mapas quanto aos anéis viários das grandes cidades. Um entrevistado afirmou: “Esses mapas de saturação não mostram o que acontece nos anéis das grandes cidades, e aí é onde mais sofremos com congestionamento” (FSI31). De forma semelhante, outro destacou: “Esses mapas não mostram a gravidade da saturação nos centros urbanos, que é onde mais temos problemas” (UMP34). Esses depoimentos sinalizam que os instrumentos de modelagem utilizados no PIT capturaram os fluxos intermunicipais de maneira satisfatória, mas falharam em representar adequadamente os gargalos intraurbanos.

Tabela 15: Ajustes - Centros Urbanos

<i>Rodovia/Regional</i>	<i>Ajustes</i>	<i>Ajuste Necessário</i>
<i>Rodovias principais e áreas urbanas</i>	Recalibrar	Ajustar o mapa de saturação para Rodovias principais e áreas urbanas, elevando o nível de saturação.
<i>Rodovia Anchieta/Imigrantes e vias urbanas de Santos</i>	Manter	Manter o mapa de saturação para Rodovia Anchieta/Imigrantes e vias urbanas de Santos.
<i>Regiões metropolitanas</i>	Recalibrar	Ajustar o mapa de saturação para Regiões metropolitanas, ajustando pontualmente o nível de saturação.

Fonte: FDC (2025)

A literatura dá suporte a essas críticas. Estudos indicam que as modelagens de tráfego que não incorporam dinâmicas intraurbanas tendem a subestimar externalidades negativas, como congestionamentos difusos, aumento de emissões e custos logísticos indiretos (Comi et al., 2012; Holguín-Veras et al., 2020; Giuliano, 2023). Em países com forte dependência do modal rodoviário, como o Brasil, a interseção entre fluxos urbanos e interurbanos representa um dos principais pontos de atrito para a eficiência logística (Rodrigue, 2020).

Portanto, os resultados sugerem que a adequação dos mapas do PIT demanda uma recalibragem nos centros urbanos, incorporando a saturação dos anéis metropolitanos e corredores intraurbanos. A articulação entre dados técnicos de fluxo e percepções qualitativas dos agentes entrevistados permite capturar com maior precisão os gargalos atuais, além de antecipar tendências críticas para o futuro. Esse movimento é essencial para alinhar o planejamento logístico nacional com as melhores práticas internacionais de integração porto-cidade e mobilidade urbana.

Corredores de Exportação

Os resultados referentes aos corredores de exportação rodoviária revelam tanto uma validação parcial das representações do PIT quanto a percepção de que a intensidade da saturação ainda está subestimada em alguns trechos críticos. Essa ambiguidade reforça a importância de compreender os mapas de saturação não apenas como instrumentos técnicos, mas também como construções interpretativas que precisam ser calibradas com base na experiência prática dos agentes envolvidos no setor.

Por um lado, houve reconhecimento de que os mapas refletem adequadamente gargalos já consolidados. Como afirmou um dos entrevistados: “Está correto, a gente enfrenta exatamente esses gargalos nas saídas rodoviárias do Sul” (USI18). Essa fala sugere que, pelo menos em relação à identificação espacial, o PIT conseguiu captar de maneira coerente os principais pontos de estrangulamento. Por outro lado, a percepção de que a saturação é mais grave do que a representada nos mapas foi recorrente. Um entrevistado afirmou: “Na prática, esses corredores já estão bem mais saturados do que está mostrado aqui” (USI44). Essa crítica remete à diferença entre a representação técnica, baseada em fluxos projetados, e a vivência operacional dos atores do setor. Corredores de exportação, por estarem sujeitos a variações sazonais, pressões externas de mercado e choques na demanda global, tendem a operar de forma mais instável e congestionada do que modelos estáticos conseguem capturar (Wilmsmeier & Monios, 2020; Hesse & Rodrigue, 2004).

Tabela 16: Ajustes - Corredores de Exportação

<i>Corredor</i>	<i>Trecho/Marco</i>	<i>Ajuste</i>	<i>Justificativa (evidência)</i>
<i>Arco Norte — MT → Miritituba/Barcarena</i>	BR-163 (MT–PA) e acessos a Miritituba	Recalibrar (aumento de saturação)	Intensidade subestimada no pico de safra; “de amarelo para marrom” (elevar nível).
<i>Arco Norte — Entradas de Belém</i>	PA-150 (entrada de Belém)	Recalibrar (ajuste pontual)	Acesso urbano/portuário mais carregado do que o mapa indica.
<i>Corredor Centro-Oeste → Santos</i>	Eixo Campinas–Santos (Anchieta/Imigrantes + perimetrais portuárias)	Recalibrar (aumento de saturação)	“Entre Campinas e Santos... um dos maiores problemas”; filas e gargalos em acessos/ <i>gates</i> .
<i>Corredor Sul → Paranaguá</i>	Cascavel–Paranaguá (BR-277)	Recalibrar (aumento de saturação)	Trecho citado para elevação de nível; acesso portuário recorrente.
<i>Corredor Sudeste Litorâneo</i>	BR-101 (SC — Penha-Itapema)	Recalibrar (aumento de saturação)	Litoral catarinense mais congestionado que a representação atual.
<i>Minério/Aço — MG ↔ ES (Tubarão/Vitória)</i>	BR-381/BR-262; ligação MG–ES	Recalibrar (aumento de saturação)	“Espírito Santo é um caos”; necessidade de elevar nível em eixos MG–ES.
<i>Corredor Nordeste Interior ↔ Litoral</i>	BR-101 (Nordeste)	Recalibrar (aumento de saturação)	“Nordeste inteiro está saturado”; reforçar nível em segmentos litorâneos de escoamento.
<i>Arco Sul/Sudeste — Eixos troncais</i>	BR-116 (BA; Régis Bittencourt SP–PR) e Fernão Dias (SP–MG)	Recalibrar (aumento de saturação)	Congestionamento crônico comparável à Dutra; ajustar intensidade.
<i>Matopiba/CO ↔ Norte/Nordeste</i>	BR-135 (BA–TO–MA)	Recalibrar (aumento de saturação)	Trecho crítico, inclusive com externalidades de segurança; elevar nível.

Fonte: FDC (2025)

Esse desalinhamento entre modelagem e realidade operacional é particularmente crítico porque os corredores de exportação representam a espinha dorsal da competitividade internacional do Brasil. A literatura cinza, como relatórios da OCDE, já alertava para a vulnerabilidade do sistema logístico nacional frente à falta de investimentos em corredores estratégicos (OECD/ITF, 2021). Nesse sentido, os depoimentos dos entrevistados reforçam que, ainda que o PIT tenha identificado os gargalos corretos, a subestimação da intensidade compromete a capacidade do plano em sustentar decisões de longo prazo.

Assim, os achados sugerem a necessidade de uma recalibragem metodológica que incorpore, ao mesmo tempo, dados históricos de fluxo e percepções qualitativas e indicadores de variabilidade sazonal e estrutural. Essa integração é coerente com as recomendações de estudos internacionais que defendem a combinação de forecasting técnico e análises qualitativas para capturar incertezas nos corredores de exportação (Notteboom et al., 2022).

Fluxos Gerais

Os resultados relativos ao fluxo rodoviário nacional revelam um quadro heterogêneo de percepções. Enquanto alguns entrevistados validaram de forma positiva os mapas elaborados pelo Plano Integrado de Transportes (PIT), a maioria identificou lacunas que indicam necessidade de recalibragem para melhor refletir a realidade operacional.

Por um lado, houve manifestações de aderência parcial ou mesmo validação ampla. Um entrevistado destacou: “Eu acho que está bem compatível. Acho que está. Vai acabar sendo isso mesmo” (USI01), validando o mapa sem críticas adicionais. Outro reforçou a aderência dos mapas a gargalos conhecidos: “Está certo sim, esses gargalos a gente conhece bem nas rodovias” (USI21). Em alguns casos, a avaliação positiva foi quantificada: “100%. Sim... faz todo o sentido” (FSI22), ou ainda: “Tá, me parece muito bom... tá pegando os nossos principais gargalos mesmo” (USI42). Essas falas revelam que os mapas atingem razoável grau de reconhecimento empírico, especialmente na identificação espacial dos principais pontos críticos.

Por outro lado, a maior parte dos entrevistados identificou inconsistências, sobretudo na intensidade da saturação representada. Vários depoimentos apontaram otimismo excessivo. Como relatado: “Esses mapas de saturação parecem mais otimistas do que a realidade das rodovias” (FSI32); “Esses mapas de saturação estão otimistas demais, a situação é mais complicada” (USI38); e ainda: “A situação das rodovias é pior do que está aqui no mapa” (USI39). Essa percepção recorrente reforça que, embora a identificação de trechos críticos seja considerada correta, a magnitude do problema foi sistematicamente subestimada. A literatura confirma que a modelagem estática frequentemente falha em capturar congestionamentos crônicos em corredores de alta demanda, levando a representações excessivamente otimistas (Beria et al., 2021; Wang et al., 2018).

Tabela 17: Ajustes - Fluxos Gerais

Rodovia/Regional	Ajustes	Ajuste Necessário
<i>Rodovias principais (BR-381, BR-116, Dutra)</i>	Manter	Manter o mapa de saturação para Rodovias principais (BR-381, BR-116, Dutra)
<i>Rodovias principais (BR-116, BR-101, BR-381)</i>	Recalibrar	Ajustar o mapa de saturação para Rodovias principais (BR-116, BR-101, BR-381), ajustando pontualmente o nível de saturação.
<i>Rodovias federais e estaduais (diversas regiões)</i>	Recalibrar	Ajustar o mapa de saturação para Rodovias federais e estaduais (diversas regiões), elevando o nível de saturação. — justificativa: “Estão sendo a 101, olha aqui, ó 101 Fluminense, lá no Espírito...”
<i>Rodovias federais</i>	Recalibrar	Ajustar o mapa de saturação para Rodovias federais, elevando o nível de saturação. — justificativa: “de saturação estão otimistas demais, a situação é mais complicada....”

Fonte: FDC (2025)

Outro achado importante diz respeito à necessidade de contextualizar o mapa de saturação (V/C) com camadas complementares. Além do V/C, emergiram críticas à ausência de variáveis como segurança viária e custos logísticos. Um entrevistado afirmou: “Além do volume, a gente tem que considerar a segurança, que

é crítica em várias rodovias” (USI44). No mesmo sentido: “O custo logístico é muito alto e isso não aparece em mapas de saturação como esses” (USI44). Assim, mantemos saturação como V/C, mas a decisão se beneficia de sobreposições que mostrem incidência de acidentes, confiabilidade de tempo de viagem e *proxies* de custo (p.ex., pedágio/combustível por corredor), em linha com recomendações de avaliação multicritério para corredores (OECD/ITF, 2021).

Em síntese, os achados confirmam que, apesar do reconhecimento geral da utilidade dos mapas do PIT, há uma clara demanda por maior realismo e por ampliação metodológica. Incorporar percepções qualitativas, variáveis complementares e camadas dinâmicas de investimento pode tornar os carregamentos mais robustos e alinhados às melhores práticas internacionais em planejamento logístico.

Fluxos Regionais

A análise das percepções dos entrevistados sobre os mapas de saturação em nível regional revela um panorama de validação parcial, mas com fortes críticas quanto à intensidade representada e à atualização dos dados. De forma geral, os mapas foram reconhecidos como instrumentos úteis para identificar os principais gargalos, mas considerados insuficientes para traduzir a gravidade e a atualidade dos congestionamentos nas rodovias e ferrovias estratégicas do país.

Em algumas situações, os entrevistados confirmaram a aderência dos mapas aos gargalos conhecidos. Um respondente destacou que “Na 381 não tem jeito, é o gargalo que a gente mais sofre... esse ponto do mapa está correto” (USI05), validando a representação da BR-381 como trecho crítico. Da mesma forma, a BR-262 e a Fernão Dias foram reiteradamente reconhecidas como rodovias onde a saturação é corretamente refletida: “Essas rodovias são gargalos clássicos, o mapa está certo em mostrar isso” (FSI15) e “A Fernão Dias é um problema sério mesmo, o mapa mostra isso bem” (USI24). Esses depoimentos reforçam que a localização espacial dos problemas foi bem captada pelo PIT.

Entretanto, emergiu de forma consistente a percepção de que os mapas são otimistas demais em relação à intensidade da saturação. Essa crítica aparece em falas como: “Estou achando que ele está otimista... o ponto mais congestionado da 101 inteira no Brasil, entre Penha e Itapema, assim absurda” (FSI03), “Essa central verde aí que está saindo de Cuiabá, BR 163... ela está saturada. Ela deveria estar de amarelo para marrom” (USI25) e “Lá do norte, aquele Miritituba ali, tudo ferrado, tudo engarrafado, tudo parado... Tá verde porque ninguém está querendo ir” (USI43). Em diferentes regiões, a crítica converge para a mesma conclusão: os mapas capturam os pontos críticos, mas falham em calibrar a intensidade, subestimando a gravidade real dos gargalos.

Outro achado importante diz respeito à necessidade de atualização dos dados e de maior granularidade. O caso da BR-242 em Tocantins ilustra essa lacuna: “É, na verdade, o único ponto aqui para mim que está um pouquinho estranho, é no Oeste de Tocantins... porque passa a ferrovia Norte-Sul” (FSI20). Essa fala evidencia inconsistências metodológicas, já que a presença da ferrovia deveria reduzir a pressão rodoviária. De forma semelhante, entrevistados apontaram a necessidade de diferenciar saturações ao longo de uma mesma rodovia (USI12, USI25), em linha com a literatura que defende abordagens multiescalares para representar adequadamente gargalos logísticos (Beria et al., 2021).

Tabela 18: Ajustes - Fluxos Regionais

<i>Rodovia/Regional</i>	<i>Ajustes</i>	<i>Ajuste Necessário</i>
<i>BR-101 (Litoral de SC, entre Penha e Itapema)</i>	Recalibrar	Ajustar o mapa de saturação para BR-101 (Litoral de SC, entre Penha e Itapema), principalmente entre Penha e Itapema, elevando o nível de saturação.
<i>BR-101 (Nordeste)</i>	Recalibrar	Ajustar o mapa de saturação para BR-101 (Nordeste), elevando o nível de saturação. — justificativa: "nordeste inteiro está saturado...."
<i>MG-ES</i>	Recalibrar	Ajustar o mapa de saturação para MG-ES, elevando o nível de saturação. — justificativa: "Espírito Santo é um caos...."
<i>Rodovias BR-381 e BR-262</i>	Recalibrar	Ajustar o mapa de saturação para Rodovias BR-381 e BR-262, elevando o nível de saturação.
<i>Rondônia</i>	Recalibrar	Ajustar o mapa de saturação para Rondônia, elevando o nível de saturação.
<i>Tocantins</i>	Recalibrar	Ajustar o mapa de saturação para Tocantins, ajustando pontualmente o nível de saturação.
<i>Piauí</i>	Recalibrar	Ajustar o mapa de saturação para Piauí, elevando o nível de saturação.
<i>Rodovia Fernão Dias (SP-MG)</i>	Recalibrar	Ajustar o mapa de saturação para Rodovia Fernão Dias (SP-MG), elevando o nível de saturação. — justificativa: "Fernão Dias ela é tão congestionada quanto a Dutra...."
<i>BR-116, Bahia</i>	Recalibrar	Ajustar o mapa de saturação para BR-116, Bahia, elevando o nível de saturação.
<i>BR-116 (Régis Bittencourt, SP-PR)</i>	Recalibrar	Ajustar o mapa de saturação para BR-116 (Régis Bittencourt, SP-PR), ajustando pontualmente o nível de saturação.
<i>BR-135 (Bahia, Tocantins, Maranhão)</i>	Recalibrar	Ajustar o mapa de saturação para BR-135 (Bahia, Tocantins, Maranhão), elevando o nível de saturação.
<i>BR-163 / Mato Grosso</i>	Recalibrar	Ajustar o mapa de saturação para BR-163 / Mato Grosso, elevando o nível de saturação. — justificativa: "é verdade, ela está saturada. Ela deveria estar de amarelo para marrom...."
<i>BR-364, BR-174, BR-070, BR-163 (Rondonópolis-Cuiabá)</i>	Recalibrar	Ajustar o mapa de saturação para BR-364, BR-174, BR-070, BR-163 (Rondonópolis-Cuiabá), ajustando pontualmente o nível de saturação.
<i>PA-150 / Entrada de Belém</i>	Recalibrar	Ajustar o mapa de saturação para PA-150 / Entrada de Belém, ajustando pontualmente o nível de saturação.
<i>Eixo Campinas-Santos</i>	Recalibrar	Ajustar o mapa de saturação para Eixo Campinas-Santos, principalmente entre Campinas e Santos realmente é um dos maiores problemas logísticos que enfrentamos, elevando o nível de saturação.
<i>Trecho Cascavel-Paranaguá</i>	Recalibrar	Ajustar o mapa de saturação para Trecho Cascavel-Paranaguá, elevando o nível de saturação.
<i>Fernão Dias / Dutra / Sudeste e Nordeste</i>	Recalibrar	Ajustar o mapa de saturação para Fernão Dias / Dutra / Sudeste e Nordeste, elevando o nível de saturação.
<i>Sudeste e Nordeste</i>	Recalibrar	Ajustar o mapa de saturação para Sudeste e Nordeste, ajustando pontualmente o nível de saturação.
<i>BR-163 (MT-PA)</i>	Recalibrar	Ajustar o mapa de saturação para BR-163 (MT-PA), ajustando pontualmente o nível de saturação.

Fonte: FDC (2025)

Além disso, emergiram preocupações associadas à segurança viária e às externalidades da saturação. O trecho da BR-135, que conecta Bahia, Tocantins e Maranhão, foi descrito como “uma zona de alta periculosidade em relação a eventos de segurança” (USI23). Esse aspecto reforça que gargalos logísticos não

são apenas problemas de capacidade, mas também de risco operacional, algo frequentemente negligenciado em representações estáticas.

Em síntese, as validações indicam que os mapas de saturação (V/C) são úteis, mas sua utilidade prática depende de dois ajustes diretamente relacionados à métrica: (i) recalibragem das classes/limiares e da escala de representação (para evitar leituras excessivamente otimistas em trechos críticos) e (ii) maior resolução espacial nos acessos portuários e recortes intraurbanos, com legenda/simbologia mais explícitas.

DISCUSSÃO DOS GARGALOS

Este capítulo sintetiza e interpreta, de forma integrada, os principais gargalos evidenciados nas entrevistas, organizando-os em sete eixos analíticos — Custos, Infraestrutura Precária, Mão de Obra, Multimodalidade, Plano de Estado, Regulação e Burocracia e Segurança. A discussão combina a leitura empírica dos depoimentos com o arcabouço conceitual mobilizado ao longo do relatório, buscando revelar como fricções operacionais, institucionais e de governança se encadeiam e amplificam perdas de eficiência na logística brasileira. O foco recai sobre mecanismos de transmissão — aumento de tempo e variância dos fluxos, elevação do custo generalizado de transporte, queda de confiabilidade e restrições à integração modal — e sobre a sua distribuição por modais, corredores e interfaces críticas (portos, hidrovias, acessos urbanos e nós intermodais).

A estrutura do capítulo segue uma lógica “do específico ao sistêmico”. Em cada tópico, partimos de evidências concretas extraídas das transcrições para qualificar a natureza do gargalo, sua priorização e recorrência, destacando conexões causais e efeitos de segunda ordem — por exemplo, como custos diretos (combustível, pedágio, seguros) se combinam a custos regulatórios e contratuais; como déficits de capacidade e de manutenção em rodovias, ferrovias, portos e hidrovias se traduzem em filas, *demurrage* e imprevisibilidade; como choques de disponibilidade de motoristas e profissionais embarcados repercutem na confiabilidade de toda a rede; e como descoordenação modal, incerteza regulatória e insegurança ao longo dos corredores elevam o “imposto do tempo” que recai sobre as cadeias.

Ao articular essas dimensões, o capítulo oferece um diagnóstico coerente e comparável entre temas e modais, permitindo priorizar intervenções com maior efeito sistêmico. Nas seções seguintes, cada eixo é discutido em profundidade, com ênfase na natureza do problema, na sua intensidade e abrangência, e nos elos críticos de política pública e de gestão que condicionam sua superação. Essa leitura prepara o terreno para, nos próximos capítulos, traduzirmos o “onde dói” em carteiras de ações factíveis — combinando investimentos, reformas procedimentais e arranjos de governança — orientadas a recuperar tempo, reduzir variância e destravar integração modal nos corredores estratégicos do país.

Custos

A categoria Custos foi estruturada em duas famílias complementares: custos logísticos (operacionais) e custos institucionais (regulatórios/tributários). Esta distinção permitiu aprofundar os gargalos efetivamente enfrentados pelos entrevistados e manter o diálogo com a literatura internacional, que associa custos operacionais de cadeias de suprimentos e encargos ligados a pedágios/concessões a barreiras estruturais à competitividade logística em economias emergentes (Beškovnik & Twrdy, 2011; Gani, 2017).

Nos custos logísticos, as falas destacam pressões de combustível, pedágios e manutenção sobre o piso do frete e o papel da assimetria de retorno em trajetos de “subida”, sobretudo no N/NE, afetando eficiência e confiabilidade. Como relatado: “Na Bahia, o preço de combustível é mais alto porque tem a questão da privatização de uma refinaria” (USI12); e, como estratégia defensiva, “Precisamos manter frota própria [...] senão [teremos] reajuste em 2 dígitos todo ano” (FSI22). Esses testemunhos dialogam com Hummels & Schaur (2013), para quem custos adicionais de transporte não só elevam preços como reduzem a integração de mercados. Também emergem custos associados ao porto↔CD (*drayage* e integração), que encarecem coleta/entrega e alongam ciclos quando a articulação é frágil.

Nos custos institucionais, dois mecanismos sobressaem. Primeiro, estrutura de mercado e concorrência limitada (p. ex., poucos entrepostos e baixa capilaridade) elevando tarifas e inibindo inovação — em linha com o debate sobre competição em infraestrutura (Estache & Wren-Lewis, 2009). Em seguida, desenhos contratuais de concessões que, em certos trechos, se traduzem em pedágios/tarifas incompatíveis com a eficiência esperada (Engel et al., 2013). Em alguns casos, encargos tributários específicos agravam a conta e desincentivam a intermodalidade, compondo o mosaico dos custos institucionais. Não por acaso, no rodoviário surgem tensões recorrentes: “O custo de pedágio é um absurdo, combustível só aumenta” (USI44) — achado coerente com a evidência de que sobre encargos rodoviários são entraves críticos em países rodoviário-dependentes (Torres et al., 2017).

Tabela 19: Gargalos - Custos

Tema	Descrição sintética	Modal	Âmbito geográfico	Citações	Observações
<i>Frete – subida cara (assimetria de retorno)</i>	Frete de “subida” mais caro por baixa oferta de retorno, maior risco e menor capilaridade de entrepostos.	Rodoviário	N, NE	14	Eleva custo e reduz previsibilidade; impactos competitivos regionais.
<i>Frete – pressão estrutural (combustível/pedágio/manutenção)</i>	Itens de custo pressionam o piso do frete.	Rodoviário	N, NE, Nacional	11	Pressão transversal; sensível a preço do diesel e pedágios.
<i>Frete – porto↔CD (drayage/integração)</i>	Baixa integração porto–CD eleva custo de coleta/entrega e tempo de ciclo.	Rodoviário/Portuário	Nacional, N	12	Integração reduz picos tarifários e esperas.
<i>Aeroportos – slots/pátio/handling</i>	Esperas (slots), serviços de pátio e handling elevam custo total (inclui imobilização).	Aéreo	Nacional, S	12	Gargalo operacional com efeito-custo indireto.
<i>Entrepostos – baixa capilaridade/concorrência</i>	Baixa capilaridade/concorrência encarece armazenagem e reverbera no frete (retornos vazios).	Multimodal (ênfase rodoviário)	Nacional, SE, S	13	Mais crítico no interior/hinterlands longos.

Concessões – pedágios/estrutura tarifária

Estrutura tarifária/pedágios em trechos específicos encarecem corredores e rotas alternativas.

Rodoviário

Nacional

7

Diferenciar por praça/trecho quando aplicável.

Fonte: FDC (2025)

Assim, os achados mostram como fatores operacionais (custos logísticos) e fatores institucionais (regulatórios/tributários) se combinam para criar barreiras sistêmicas ao desempenho da logística brasileira. O contraste entre depoimentos e literatura sugere que, embora os desafios sejam comuns em economias em desenvolvimento, o caso brasileiro é marcado por uma sobreposição de custos — especialmente no rodoviário e na interface porto↔CD — que amplia a complexidade de resposta. Daí decorre a necessidade de políticas e estratégias que ataquem simultaneamente: (i) o custo operacional (combustível, pedágios, manutenção, integração porto–CD) e (ii) reformas regulatórias/contratuais que incentivem concorrência e calibragem tarifária.

Infraestrutura Precária

Os dados empíricos exibem uma predominância de gargalos classificados como Infraestrutura Precária em todos os modais, com ênfase no rodoviário — duplicações pendentes, geometrias críticas, buracos na pista e trechos urbanos saturados —, o que é consistente com evidências de que ampliar capacidade viária sem coordenação de demanda tende a reproduzir congestionamentos e perdas de eficiência (Duranton & Turner, 2011). Em seguida, aparecem limitações portuárias (calado, dragagem, berços e bacias de evolução), para as quais a literatura mostra efeitos diretos sobre custos marítimos e volumes de comércio quando a eficiência portuária é baixa (Clark et al., 2004; Sánchez et al., 2003). Nos ferroviários (capacidade e descontinuidades), estudos de “market access” e reduções de custos de *trade* documentam ganhos de bem-estar e produtividade quando a malha é expandida e integrada (Donaldson, 2018; Donaldson & Hornbeck, 2016). Em hidrovias, restrições de dragagem e balizamento mantêm custos logísticos elevados em ambientes com infraestrutura deficiente, reduzindo volumes comerciais (Limão & Venables, 2001). No aéreo, gargalos de pátios, pistas e desembarço impactam diretamente o “valor do tempo”: atrasos e baixa confiabilidade induzem escolhas por modais mais caros e comprimem fluxos de comércio, sobretudo em cargas sensíveis ao tempo (Hummels & Schaur, 2013; Djankov et al., 2010). Por fim, os gargalos transversais de conectividade digital e de infraestrutura de apoio ao motorista agravam a imprevisibilidade operacional; evidências recentes ligam melhor conectividade digital a ganhos de emprego, produtividade e inserção comercial, sugerindo que “vazios de conectividade” deterioram o desempenho logístico (Hjort & Poulsen, 2019; Redding & Turner, 2015). As transcrições ilustram a natureza sistêmica desses entraves: “a estrutura está no limite... qualquer imprevisto colapsa o negócio” (USI28); “Santos chega a 10 dias de fila... ~US\$50 mil/dia” (USI43); “bacia de evolução com obstáculo físico (Pallas)” (FSI03); “4h30 de espera para coleta no GRU” (USI23); “vários vazios de conectividade” (FSI20). Em conjunto, esses relatos alinham-se à literatura que quantifica como tempo, confiabilidade e custos de transporte moldam comércio, produtividade e bem-estar.

Tabela 20: Gargalos - Infraestrutura Precária

<i>Categoria</i>	<i>Subcategoria Axial</i>	<i>Descrição da Subcategoria Axial</i>	<i>Priorização do Gargalo</i>	<i>Ocorrências</i>
<i>Infraestrutura Precária</i>	Hidrovias	Deficiências estruturais como calado insuficiente, dragagem e balizamento precários e derrocamentos pendentes, restringindo navegação plena e elevando custos/tempos.	Predominante Alta	110
<i>Infraestrutura Precária</i>	Portos	Capacidade física e operacional limitada (berços, calado, canal/bacia de evolução, retroárea), gerando filas, demurrage e queda de competitividade.	Predominante Alta	69
<i>Infraestrutura Precária</i>	Rodovias (estado de conservação)	Pavimento/sinalização deficientes (pistas simples com buracos, falta de acostamento/sinalização, pontes/viadutos críticos, contornos/duplicações motivados por segurança/regularidade, não por capacidade). Impacto em prazos, confiabilidade e custo de manutenção.	Predominante Alta	24
<i>Infraestrutura Precária</i>	Rodovias (saturação e capacidade)	Nível de serviço degradado por capacidade insuficiente (filas, congestionamentos, V/C elevado), inclusive em acessos a polos logísticos. Impacto em tempos de ciclo, variância de viagem e janelas de atendimento.	Predominante Alta	28
<i>Infraestrutura Precária</i>	Conflitos Urbanos	Restrições e gargalos nas áreas urbanas (acessos, anéis e janelas de atendimento), reduzindo velocidade, elevando custos e prejudicando a última milha.	Predominante Alta	48
<i>Infraestrutura Precária</i>	Ferrovias — Acesso às existentes (capacidade/operacionalidade)	Restrições de capacidade nas linhas ativas: falta de janelas/slots, pátios e triagens saturados, via permanente limitada (velocidades baixas, trechos críticos), cruzamentos insuficientes, sinalização/CTC restrita e priorização operacional que reduz acesso para novos fluxos. Efeito: fila/espera, imprevisibilidade e deslocamento forçado para o rodoviário.	Predominante Alta	22

<i>Infraestrutura Precária</i>	Ferrovias — Ausência de trechos/conexões	Links faltantes e conexões incompletas (green/brownfield) entre polos produtores—terminais—portos, além de trechos abandonados e entraves de acesso urbano. Efeito: quebra do corredor ferroviário, transbordos adicionais e menor competitividade multimodal.	Predominante Alta	21
<i>Infraestrutura Precária</i>	Conectividade	Lacunas de voz/dados e baixa cobertura em corredores logísticos; falhas de rastreamento e resposta a incidentes.	Predominante Alta	15
<i>Infraestrutura Precária</i>	Aeroportos	Infraestrutura de carga e coordenação (pista/pátio/slots) insuficientes em hubs e regionais; filas e lentidão em desembarço.	Predominante Alta	14
<i>Infraestrutura Precária</i>	Infraestrutura de Apoio	Oferta insuficiente de pontos de parada/descanso e serviços ao motorista, afetando segurança e conformidade legal.	Predominante Alta	12

Fonte: FDC (2025)

Para tangibilizar os achados, após a síntese macro da tabela acima, passamos a uma leitura específica que detalhará as principais categorias, detalhando corredores/ativos específicos citados nas entrevistas. A seleção dos exemplos apresentados considera três critérios: recorrência nas falas (menções múltiplas e convergentes), relevância para os fluxos priorizados e potencial de intervenção no horizonte curto/médio prazo do PNL. Quando o relato traz ativos sensíveis (concorrência/comercial), agregamos o nível de detalhe para preservar confidencialidade, mantendo a rastreabilidade por código.

Hidroviás

Os relatos convergem para restrições físico-operacionais (dragagem, calado sazonal, balizamento e derrocamentos), que comprimem a janela de navegabilidade e elevam custo/tempo sobretudo em fluxos de granéis. Em linha com a literatura, gargalos em profundidade/dragagem e sinalização degradam confiabilidade e reduzem volumes viáveis de navegação (Limão & Venables, 2001; Caris et al., 2014). Abaixo, sintetizamos os trechos/ativos mais citados e o tipo de intervenção sugerida.

Tabela 21: Hidrovias: corredores/ativos citados, problemas e indicações

Trecho/Ativo	Problema específico ⁴	Efeito operacional	Perfil de carga (ex.)	Evidências (cód.)	Indicação (curto/médio prazo)
<i>Arco Norte (Tapajós–Teles Pires, eixo Miritituba ↔ Barcarena/Santarém)</i>	Calado sazonal, dragagem e balizamento insuficientes em trechos críticos do rio; variabilidade de cota	Janela de navegação estreita; comboios rebaixados; tempo de ciclo e custo por tonelada maiores	GSA	USI25; ASI46	Programa plurianual de dragagem e balizamento com metas de janela; priorizar trechos de maior variância; coordenação porto-fluvial↔rodoviária
<i>Corredor hidroportuário Amazônico (terminais fluviais ↔ portos oceânicos)</i>	Balizamento irregular e sinalização defasada em canais de aproximação	Maior risco operacional e redução de velocidade; janelas perdidas em transbordo	GSA/GL	USI43	Renovação de balizamento e monitoramento contínuo; integração com sistemas VTS/AIS locais
<i>Tietê–Paraná</i>	Assoreamento/derrocamentos pendentes e dependência de eclusas	Interrupções sazonais; menor previsibilidade anual; desvio para rodoviário	GL/GSA	FSI37	Pacote de navegabilidade: derrocamentos pontuais, manutenção de eclusas e gestão de vazões com órgãos de recursos hídricos
<i>Tocantins (eixo de escoamento para portos do Norte)</i>	Calado limitante em trechos rochosos/shoals; necessidade de obras estruturais	Capacidade efetiva reduzida; comboios menores e mais viagens	GSA	USI43	Projeto executivo e obras de melhoria de calado nos trechos críticos; balizamento reforçado na cheia/estiagem
<i>Terminais fluviais (diversos)</i>	Infraestrutura de acostagem e pátios aquém do pico; interface rodoviário↔fluvial com filas	Aumento de espera/atracação e demurrage indireta no transbordo	GSA/CGC	USI25; FSI37	Ampliação de píer/pátio e janelas coordenadas com safra; gestão de filas (agendamento)

Fonte: FDC (2025)

Os casos listados são prioritários no Cenário B (ganhos de eficiência sobre a infraestrutura vigente) via dragagem recorrente, balizamento e operações de janela; quando exigem obras estruturais (p. ex.,

⁴ Notas de interpretação: (i) Onde se lê “calado sazonal/dragagem”, trata-se de gargalo físico que restringe capacidade ao longo do ano, não apenas em eventos extremos; (ii) “balizamento/sinalização” aparece como multiplicador de confiabilidade — sem ele, mesmo calados adequados não se traduzem em segurança/velocidade; (iii) a interface porto-fluvial/rodoviário explica parte relevante do custo/tempo observado pelos entrevistados, reforçando a necessidade de ações conjuntas no corredor.

derrocamentos ou melhorias de calado), passam a alimentar o Cenário C (novas competências/ativos), sempre com coordenação intermodal para capturar o ganho de custo-tempo na cadeia.

Portos

Os relatos apontam restrições físico-operacionais (calado/dragagem, bacia de evolução/canais, berços/retroáreas, pátios e gates) e acessos terrestres como determinantes do desempenho portuário. A evidência é consistente com a literatura: quedas de eficiência portuária elevam custos marítimos e comprimem volumes de comércio (Clark et al., 2004; Sánchez et al., 2003), enquanto a integração porto–hinterlândia condiciona o giro de cais (Notteboom & Rodrigue, 2005). Abaixo sintetizamos os casos mais citados e as indicações práticas.

Tabela 22: Portos: ativos citados, problemas e indicações

Porto/Ativo	Problema específico⁵	Efeito operacional	Perfil de carga (ex.)	Evidências (cód.)	Indicação (curto/médio prazo)
<i>Santos — bacia de evolução/canal (Pallas)</i>	Restrições de manobra na bacia/canal; conflitos de janela	Filas/atrasos de atracação, maior demurrage e menor giro	Contêiner/CGC; granéis	USI43; FSI03; FSI32	Obras de bacia/canal (geometria/calado), gestão fina de janelas com VTS; coordenação cais↔retroárea
<i>Santos — gates/pátios e coordenação terrestre</i>	Picos de gate e pátios pressionados; janelas rígidas	Tempo de espera e variação de ciclo; custo de transporte urbano	Contêiner/CGC	USI43; FSI22	Agendamento dinâmico, pátio satélite e janelas estendidas; sincronia porto–CD (<i>drayage</i>)
<i>Itajaí/Paranaguá — berços e retroárea</i>	Capacidade de berços/retroárea no limite em picos	Frequência de fila e gargalo de armazenagem	Contêiner/CGC	FSI22; USI41	Expansão de berços/pátios, melhoria de acessos viários; operação “porta a porta” orquestrada
<i>Portos do Arco Norte (ex.: Vila do Conde/Barcarena; Santarém)</i>	Calado/dragagem em canais de acesso; integração fluvial-mar	Comboios rebaixados e janelas perdidas; demurrage indireta no transbordo	GSA/GL	USI43	Plano plurianual de dragagem, balizamento e coordenação hidro–marítima; priorizar trechos de maior variância
<i>Acessos ferroviários a portos (vários)</i>	Slots/janelas ferroviárias escassos;	Imprevisibilidade de entrega no cais; desvio para rodoviário	Grãos/minerais/CGC	USI41; FSI27; USI43	Ampliação de pátios/cruzamentos, CTC/sinalização; regras

⁵ Notas de interpretação: (i) Bacia/canal/calado afetam o navio (nível marítimo), mas seu ganho só se materializa com retroárea, gates e acessos coordenados (nível terrestre), como mostram Santos e Itajaí/Paranaguá; (ii) Integração intermodal (ferrovia/hidrovia) é condição de competitividade: slots ferroviários e dragagem nos canais do Arco Norte aparecem como “pares siameses” do giro de cais; (iii) nos terminais mais pressionados, governança de janelas (marítimas e terrestres) reduz variância mesmo antes de grandes obras.

	pátios/triagens saturados				de prioridade e contratos de janela
<i>Acessos rodoviários urbanos a terminais</i>	Conflitos urbanos (anel, travessias, janelas municipais)	Baixa velocidade e efeito-fila no entorno	Contêiner/CGC; granéis	USI28; FSI20; USI43	Contornos/viadutos de acesso, gestão de janelas urbanas e faixas operacionais

Fonte: FDC (2025)

No Cenário B, priorizam-se medidas de eficiência operacional (agendamento dinâmico, gestão de pátios/gates, coordenação porto-CD, regramento de janelas ferroviárias). Onde o limite é físico (bacia/canal, calado/dragagem, expansão de berços/retroáreas), os projetos alimentam o Cenário C (CAPEX), sempre ancorados nas evidências de fila/demurrage e nos mapas de carregamento/saturação do Cenário -A para direcionar o escopo por corredor.

Rodovias (estado de conservação)

Os relatos sobre rodovias convergem para defeitos do pavimento (panelas, afundamentos, trincas), acostamentos e sinalização insuficientes e obras de arte especiais (pontes/viadutos) em condição crítica. Esses problemas afetam segurança, regularidade e tempo de ciclo, elevando o custo de manutenção da frota e a variância de viagem — efeitos distintos dos de saturação (tratados no subtópico seguinte). Abaixo, sintetizamos os trechos/ativos mais citados e intervenções compatíveis com o horizonte do PNL.

Tabela 23: Rodovias (estado de conservação): trechos citados, problemas e indicações

Trecho/Ativo	Problema de conservação⁶	Efeito operacional	Perfil de carga (ex.)	Evidências (cód.)	Indicação (curto/médio prazo)
<i>BR-101 (trechos SE/S)</i>	Pavimento degradado em segmentos urbanos e periurbanos; sinalização/acostamentos insuficientes	Redução de velocidade, maior risco de sinistro e quebra de janela; aumento de manutenção de veículos	CGC	USI12; USI25	Restauração estrutural do pavimento, recomposição de acostamentos, sinalização (horizontal/vertical) e contornos de segurança (sem ganho de capacidade)
<i>BR-163 (MT-PA, trechos de safra)</i>	Deterioração recorrente em período chuvoso (panelas/afundamentos); drenagem deficiente	Irregularidade de piso → maior consumo e avarias; tempos de ciclo erráticos	GSA/GL	USI25; USI43	Programa de manutenção pesada pré-safra (recape, micro revestimento, drenagem) com metas de IRI por trecho

⁶ Notas de interpretação: (i) “Contornos de segurança” aqui são medidas de conservação/segurança viária (mitigar conflito em travessias ou raios de curva críticos), não soluções de capacidade; (ii) em corredores sazonais (p.ex., BR-163), a janela de conservação pré-safra é determinante para manter IRI em níveis aceitáveis e reduzir custos da operação; (iii) OAE aparecem como pontos sensíveis: a inspeção e recuperação preventiva evita interdições e custos desproporcionais.

<i>Travessias urbanas em polos logísticos (vários)</i>	Pavimento e juntas deteriorados; sinalização deficiente em cruzamentos críticos	Intermitências de velocidade e eventos de risco (travessia de pedestres/motos)	CGC/CGNC	USI28	Restauração localizada, iluminação e sinalização reforçada; implantação de barreiras/refúgios (foco em segurança)
<i>Pontes/viadutos em eixos de escoamento (vários)</i>	Deterioração em OAE (juntas, guarda-rodas, tabuleiro) e aproximações com recalque	Restrições de carga/velocidade e paradas não planejadas; risco de interdição	CGC/GSA	USI25; USI43	Programa de recuperação de OAE (inspeção nível II/III, reparo de juntas, reforço local) e melhoria das aproximações
<i>Vias secundárias de acesso a terminais/CDs</i>	Pavimento frágil para tráfego pesado; sinalização ausente	Danos à frota, atolamentos e desvio de rota	CGC	FSI22	Reforço de estrutura de pavimento (camada de rolamento/CBUQ), sinalização e manutenção rotineira vinculada a sazonalidade

Fonte: FDC (2025)

No Cenário B, priorizam-se programas de conservação com contratos de desempenho (metas de IRI/sinalização e indicadores de segurança) e drenagem em trechos críticos; quando houver necessidade de reforço estrutural de OAE ou correção de patologias profundas, os projetos podem transitar para o Cenário C (CAPEX pontual), sempre sem confundir com aumento de capacidade — que será tratado no subtópico Rodovias (saturação e capacidade) a seguir.

Rodovias (saturação e capacidade)

Os depoimentos indicam degradação de nível de serviço por capacidade insuficiente em corredores troncais e, sobretudo, em acessos urbanos a polos logísticos/portos. Isso se manifesta como filas, tempos de espera e relação V/C elevado, coerente com a leitura do Cenário –A (mapas de saturação). A literatura alerta que ampliação de capacidade sem coordenação de demanda e gestão operacional pode reproduzir congestionamentos (Duranton & Turner, 2011); por isso, combinamos obras seletivas (duplicações/contornos) com medidas operacionais (gestão de janelas, ITS).

Tabela 24: Rodovias (saturação/capacidade): trechos citados, problemas e indicações

Trecho/Ativo	Problema de capacidade⁷	de	Efeito operacional	Perfil de carga (ex.)	Evidências (cód.)	Indicação (curto/médio prazo)
<i>BR-163 (MT–PA, acesso a Mirirituba)</i>	Picos de fila em safra; V/C alto em segmentos de gargalo		Aumento do tempo de ciclo e	GSA/GL	USI25; USI43; FSI31	Duplicações e faixas adicionais em pontos críticos; contornos

⁷ Notas de interpretação: (i) Aqui tratamos exclusivamente de capacidade/nível de serviço (V/C, filas, conflitos de tráfego). Problemas de pavimento/sinalização/OAE foram tratados no subtópico “Rodovias (estado de conservação)”; (ii) em corredores sazonais (p.ex., BR-163), a combinação “duplicação seletiva + gestão de janelas + ITS” é mais custo-efetiva do que duplicações extensas sem operação; (iii) em acessos portuários/metropolitanos, contornos e viadutos de acesso funcionam como “válvulas de alívio” — mas exigem coordenação com gates e agendamento para sustentar o ganho.

		da variância; janelas perdidas			operacionais; gestão de janelas sazonais e painéis ITS
<i>Acessos urbanos a Santos (eixos de ligação aos terminais)</i>	Saturação de vias municipais/arteriais e conflitos de cruzamentos	Filas persistentes no entorno portuário; efeito “represa” no cais	CGC/contêiner; granéis	USI43; FSI22	Contornos/viadutos de acesso, faixas exclusivas em janelas, coordenação porto–CD (agendamento dinâmico)
<i>BR-101 (trechos metropolitanos SE/S)</i>	Demanda acima da capacidade em travessias urbanas e conurbações	Velocidades baixas e quebra de janelas na distribuição	CGC	USI12; USI25	Contornos urbanos e duplicações seletivas; gestão de janelas municipais (última milha)
<i>Eixos radiais para polos logísticos (vários)</i>	Bottlenecks em nós/entroncamentos que concentram fluxos	Filas no pico e efeito cascata para CDs	CGC/CGNC	USI28; FSI20; FSI31	Melhoria de nós (alças, conversões protegidas), semaforização inteligente e faixas de conversão
<i>Conexões rodovia–ferrovia/terminais secos</i>	Capilaridade insuficiente para o volume transferido	Espera para transbordo; deslocamento para o rodoviário puro	CGC/GSA	USI41; FSI27	Aumento de capacidade em acessos, pátios de triagem e vias internas; janelas sincronizadas com o ferroviário

Fonte: FDC (2025)

No Cenário B, priorizam-se contornos/duplicações localizadas, melhoria de nós e gestão operacional (janelas, ITS, semaforização inteligente) em trechos identificados como V/C elevado no Cenário –A. Onde o gargalo requer obras de maior porte (novos contornos estruturais), o encaminhamento migra para o Cenário C, com escopo coordenado aos corredores e fluxos aqui evidenciados.

Conflitos Urbanos

Os relatos mostram que acessos urbanos a polos logísticos e portos, combinados a regras municipais (janelas, zonas de restrição/rodízio, áreas de carga/descarga insuficientes), produzem filas, baixa velocidade e quebra de janelas — efeitos distintos de conservação e que amplificam gargalos de capacidade. Em linha com a literatura de logística urbana, políticas de time windows e restrições mal calibradas deslocam tráfego para picos e aumentam custos, enquanto desenhos coordenados (janelas estendidas, *off-peak*, zonas dedicadas, ITS) reduzem tempos e emissões (Quak & de Koster, 2009). A seguir, os casos mais recorrentes nas entrevistas.

Tabela 25: Conflitos Urbanos: locais/ativos citados, problemas e indicações

Local/Ativo urbano	Restrição / Conflito ⁸	Efeito operacional	Perfil de carga (ex.)	Evidências (cód.)	Indicação (curto/médio prazo)
Entorno portuário de Santos (vias municipais de acesso aos terminais)	Cruzamentos e semáforos em corredores de alto giro; janelas rígidas e sobreposição com horários urbanos	Filas persistentes, quebra de janelas no cais e efeito “represa”	Contêiner/CGC; granéis	USI43; FSI20; FSI22	Contornos/viadutos de acesso, ondas verdes/ITS, agendamento dinâmico no <i>gate</i> e janelas estendidas coordenadas com o porto
Eixos de distribuição metropolitana (SE/S)	Time windows restritivas + zonas de restrição a caminhões em horários de pico	Baixa velocidade e reprogramações; custo adicional por viagem fora de janela	CGC/CGNC	USI28; FSI31	<i>Off-peak delivery</i> com incentivos, zonas de carga/descarga dedicadas, revisão de janelas por tipo de carga
Travessias urbanas em polos logísticos	Conflito carga × tráfego urbano; travessias inseguras; falta de áreas de espera	Intermitência de fluxo, incidentes e variância de tempo	CGC	USI28	By-passes locais/mini contornos, melhorias de geometria/sinalização e bolsões de espera regulados
Acessos a CDs e terminais retroportuários	Filas em portarias e vaga de carga/descarga insuficiente	Aglomerção no viário local; efeito cascata no <i>drayage</i>	CGC/contêiner	FSI22	Janelas por slot com tempo-alvo, pátios satélite de espera e coordenação CD–porto
Corredores urbanos críticos (diversas capitais)	Sinalização e coordenação semafórica inadequadas para o mix carga/urbano	Oscilação de velocidade, maior consumo e emissões	CGC	FSI20	Semaforização inteligente, faixas de conversão e priorização semafórica para eixos de abastecimento

Fonte: FDC (2025)

No Cenário B, priorizam-se medidas não estruturais de gestão urbana (*off-peak*, janelas harmonizadas, ITS, zonas de carga/descarga e pátios satélite) e *by-passes*/viadutos de pequeno/médio porte onde o traçado exige. Casos que requerem novos contornos estruturais ou reconfiguração ampla do viário migram para o Cenário C, em articulação com portos/terminais e com os mapas de saturação do Cenário –A para focalizar os trechos de maior retorno.

Ferrovias — Acesso às existentes (capacidade/operacionalidade)

Os relatos convergem para restrições operacionais que limitam o *throughput* da malha já implantada: janelas/slots insuficientes, pátios/triagens saturados, via permanente com velocidades baixas em trechos

⁸ Notas de interpretação: (i) Os conflitos urbanos são, na prática, “válvulas” do sistema: mesmo quando o corredor interurbano tem capacidade, entorno e regras municipais podem neutralizar ganhos de tempo/custo; (ii) a solução raramente é só obra — governança de janelas, agendamento e ITS aparecem de forma recorrente como alavancas de curto prazo; (iii) quando houver interface porto–cidade, o desenho das janelas do *gate* deve ser coordenado com as janelas municipais.

críticos, cruzamentos curtos para trens longos e sinalização/CTC restrita. Em acessos a portos e terminais interiores, essas restrições se traduzem em fila/espera, imprevisibilidade e deslocamento forçado para o rodoviário — mesmo quando a linha principal existe e opera.

Tabela 26: Ferrovias (acesso às existentes): problemas e indicações

Contexto/Ativo	Restrição operacional (capacidade)⁹	Efeito na operação	Perfil de carga (ex.)	Evidências (cód.)	Indicação (curto/médio prazo)
<i>Acessos ferroviários a portos (vários)</i>	Janelas/slots escassos de chegada/partida; conflitos com giro de cais	Fila em pátios de chegada, perda de janela no cais e desvio para rodoviário	Grãos/minerais/ CGC	USI41; FSI27; USI43	Acordos de janela porto–ferrovia, ampliação de pátios de recepção, sequenciamento dinâmico e buffer operacional
<i>Pátios e triagens em hubs interiores/terminais secos</i>	Capacidade de triagem insuficiente p/ volumes atuais; tempos de composição/desmembramento elevados	Tempo de ciclo maior, ocupação de linha e perda de confiabilidade	CGC/GSA/GL	USI41; FSI27	Ampliação/modernização de pátios, automação de AMV e gestão de manobras, faixas dedicadas de acesso
<i>Cruzamentos/passing loops</i>	Comprimento de cruzamentos inferior ao dos trens longos; distância excessiva entre cruzamentos	Espera para cruzamento, redução de velocidade média e perda de capacidade	Grãos/minerais	USI41	Extensão de cruzamentos e redução do headway entre pontos de cruzamento prioritários
<i>Via permanente (trechos críticos)</i>	Geometria e lastro limitantes; velocidades máximas baixas por condição da via	Gargalos de velocidade localizados que travam o “slot”	Diversos	USI41	Restauração/renovação de via permanente em trechos gargalo (lastro/dormentes/AMV), com metas de velocidade-alvo
<i>Sinalização/CTC</i>	Cobertura de CTC limitada; blocos longos; comunicação deficiente	Headways altos e menor densidade de trens	Diversos	USI41; FSI27	Expansão de CTC, encurtamento de blocos, telecomando e redundância de comunicação
<i>Prioridade operacional e regras de acesso</i>	Priorizações que dificultam novos fluxos; janela rígida	Acesso irregular e previsibilidade	CGC/GSA	USI43	Revisão de regras de prioridade, contratos de capacidade garantida e

⁹ Notas de interpretação: (i) “Capacidade” aqui significa restrições operacionais na malha existente (slots, pátios, cruzamentos, via, sinalização), não “ausência de trecho” — isso será tratado no tópico “Ferrovias — Ausência de trechos/conexões”; (ii) os efeitos mais citados são fila/espera, variância de tempo e perda de janela (no porto/terminal), que empurram cargas para o rodoviário; (iii) ganhos rápidos tendem a vir de gestão de janelas, pátios e cruzamentos em pontos-unidade, enquanto intervenções de via/CTC entregam capacidade estrutural no médio prazo.

baixa para
embarcadores

penalidades por não
atendimento

Fonte: FDC (2025)

No Cenário B, priorizam-se acordos operacionais (janelas porto–ferrovia), ampliação/gestão de pátios, extensão de cruzamentos e ITS ferroviário (sequenciamento/manobra). Onde a limitação é física (renovação de via, expansão de CTC), os projetos migram para o Cenário C, com escopo ancorado nos corredores/ativos listados e na demanda efetiva dos macro produtos.

Ferrovias — Ausência de trechos/conexões

Os depoimentos distinguem, de forma consistente, gargalos de capacidade na malha existente (tratados no tópico anterior) daqueles decorrentes de ausência de trechos/conexões — situações em que o corredor ferroviário não se fecha até o destino logístico relevante (terminal interior/porto), impondo transbordos adicionais e deslocando fluxos para o rodoviário. A literatura de “market access” mostra que malhas conectadas ampliam acesso a mercados e produtividade agregada (Donaldson, 2018; Donaldson & Hornbeck, 2016); a evidência empírica aqui indica que lacunas de conexão neutralizam esses ganhos e reduzem a competitividade multimodal.

Tabela 27: Ferrovias (ausência de trechos/conexões): lacunas citadas, efeitos e indicações

Conexão/Corredor	Lacuna identificada¹⁰	Efeito operacional	Perfil de carga (ex.)	Evidências (cód.)	Indicação (curto/médio prazo)
<i>Eixos de ligação entre malhas troncais (ex.: integração de corredores leste–oeste ao acesso portuário)</i>	Trechos faltantes que impedem o fluxo contínuo até os terminais de exportação	Quebra do corredor → transbordo adicional, maior custo/tempo e perda de previsibilidade	GSA/GL	USI25; USI43	Priorizar conclusão de <i>links</i> críticos (projetos executivos/licenciamento) com cronograma integrado ao escoamento de safra
<i>Aproximações ferroviárias a portos/hubs</i>	“First/last mile” ferroviário incompleto ou com barreiras urbanas	Desvio para rodoviário no trecho final; subutilização do ferroviário	Grãos/minerais/CGC	USI41; USI43	Fechamento do <i>last mile</i> (novos acessos/viadutos ferroviários) e soluções urbanas para travessias
<i>Conexões entre polos produtores e terminais interiores</i>	<i>Links</i> não implantados entre regiões produtoras e terminais de carga	Aumento de transbordos rodoviários e menor aderência a	GSA	USI25	Implantação faseada de trechos com pátios de transbordo provisórios, reduzindo custo de transição

¹⁰ Notas de interpretação: (i) “Ausência de trecho” aqui não inclui gargalos de slots/pátios/sinalização na malha existente (já cobertos em Acesso às existentes); (ii) os efeitos mais frequentes são transbordo adicional, desvio para rodoviário e perda de economia de escala — penalidades particularmente relevantes para grãos e graneis; (iii) nos casos com barreiras urbanas no acesso a portos, a solução combina obra ferroviária com tratamento urbano (viadutos, segregação).

		contratos ferroviários			
<i>Nós de intercâmbio entre malhas concedidas</i>	Interoperabilidade física/regulatória incompleta entre concessões	Acesso limitado a rotas alternativas; menor resiliência	Diversos	FSI27; USI41	Acordos de passagem e obras pontuais de conexão (AMV/bitola/telecomando), com metas de capacidade garantida

Fonte: FDC (2025)

No Cenário B, ações táticas (pátios provisórios, acordos de passagem, interoperabilidade mínima) podem reduzir o custo de transição enquanto os trechos principais são implantados. As obras de conexão (*green/brownfield, last mile* portuário, nós de intercâmbio) compõem o Cenário C, com priorização orientada pelos fluxos de GSA/GL e pela criticidade demonstrada nas entrevistas (USI25; USI41; USI43; FSI27).

Conectividade

Os relatos indicam lacunas de cobertura e qualidade de dados (voz/dados móveis, telemetria, rastreamento, integração de sistemas) em corredores logísticos, especialmente em trechos rurais, serras e entornos urbanos complexos. Esses vazios comprometem visibilidade de frota, resposta a incidentes e cumprimento de janelas, elevando variância de tempo e custo de coordenação. O padrão é consistente com evidências de que conectividade digital impulsiona emprego, produtividade e inserção comercial (Hjort & Poulsen, 2019; Redding & Turner, 2015) e que visibilidade informacional em cadeias reduz atrasos e perdas (Wamba et al., 2017). Abaixo, os casos mais citados e indicações práticas.

Tabela 28: Conectividade: locais/ativos citados, problemas e indicações

<i>Local/Corredor</i>	<i>Problema de conectividade¹¹</i>	<i>Efeito operacional</i>	<i>Perfil de carga (ex.)</i>	<i>Evidências (cód.)</i>	<i>Indicação (curto/médio prazo)</i>
<i>Corredores interurbanos de alto fluxo (vários eixos SE/S/CO)</i>	“Vazios de voz/dados” ao longo de segmentos críticos; <i>handover</i> instável	Perda de rastreo, falhas em ETA e SLA; resposta lenta a incidentes	CGC/CGNC; GSA/GL	FSI20; USI33	Ampliação de 4G/5G por faixa de domínio; redundância satelital nos “buracos”; priorização por pares produto×região (87%)
<i>Travessias/metropolitanos (acessos a polos/portos)</i>	Congestionamento de rede e falhas em	Quebra de janelas, filas em	Contêiner/CGC	FSI20; FSI22	Wi-Fi/GPRS dedicados em

¹¹ Notas de interpretação: (i) “Conectividade” aqui abrange cobertura de rede (voz/dados) e governança da informação (integração de sistemas e qualidade de dados); (ii) a priorização por corredor deve seguir os pares produto×região que cobrem ~87% dos fluxos — onde o retorno de reduzir variância/incident response é maior; (iii) redundância tecnológica (móvel + satelital) foi citada como alternativa ponte em pontos de sombra até a expansão de infraestrutura.

	integração porto—CD (agendamento, check-in)	<i>gates/portarias; reboques “fantasmas”</i>			<i>gates/pátios, API de slots e fila virtual integrada a TMS/WMS</i>
<i>Serras/túneis e trechos com relevo</i>	Sombreamento de sinal e latência elevada	<i>Blackouts de telemetria e riscos de segurança</i>	GSA/GL; CGC	FSI20	Repetidores/RSU em pontos de sombra; TRU com <i>dual-SIM + sat</i> para veículos críticos
<i>Eixos com alto índice de sinistros/roubo</i>	Telemetria intermitente e ausência de botão de pânico/ <i>geofencing</i> eficaz	Tempo de resposta elevado e risco operacional	CGC/alto valor	USI33	Telemática com eventos (<i>panic, harsh events</i>), <i>geofences</i> e rota segura com despacho colaborativo
<i>Integração multimodal (rodovia—ferrovia—porto)</i>	Dados fragmentados entre sistemas (TMS/WMS/ <i>Port Community</i> /ferrovia)	Cegueira informacional em transbordos; divergência de hora-base	CGC/GSA	FSI20; USI33	<i>Data hub</i> /API com <i>Time Stamp</i> único, chave de viagem e padrões EDI mínimos entre atores

Fonte: FDC (2025)

No Cenário B, priorizam-se medidas não estruturais e de baixa CAPEX: contratação de redundância de conectividade, fila virtual/API de janelas e telemetria orientada a eventos nos corredores críticos. Para expansão física de rede (estações/RSU em domínio público, cobertura 4G/5G em “buracos”), os projetos entram no Cenário C, com cronograma coordenado às janelas operacionais dos corredores e integração às plataformas porto—CD—ferrovia.

Aeroportos

Os relatos apontam pressões de capacidade em pátios e pistas, coordenação de janelas/slots e processos de handling/desembarço como determinantes do desempenho de carga aérea. Em linha com a literatura, a gestão de *slots*/capacidade reduz atrasos e eleva eficiência (Zhang & Zhang, 2010), enquanto o “valor do tempo” das cargas sensíveis torna qualquer hora adicional um multiplicador de custo e perda de mercado (Hummels & Schaur, 2013; Djankov et al., 2010). Abaixo, os casos mais recorrentes nas entrevistas.

Tabela 29: Aeroportos: ativos citados, problemas e indicações

Aeroporto/Ativo	Problema específico ¹²	Efeito operacional	Perfil de carga (ex.)	Evidências (cód.)	Indicação (curto/médio prazo)
GRU – pátios de cargueiro e gate de carga	Espera para coleta/entrega e picos de pátio; janelas rígidas	+4h de espera reportadas; quebra de janela do embarcador	Alto valor/tempo-sensível (CGC)	USI23; FSI22	Agendamento dinâmico (<i>slotting</i> por faixa horária), pátio satélite para espera de caminhões e janelas estendidas em pico
GRU – pista/slots (<i>airside</i>)	Capacidade de pista tensionada; efeito cascata em incidente	Atrasos de chegada/partida → fila no pátio	CGC/express	USI36	Otimização de <i>slots</i> (curva de demanda), priorização operacional de cargueiros em janelas críticas e procedimentos de contingência
Hubs regionais (S/SE)	Coordenação frágil entre terminal de carga e transportes terrestres	Descompasso entre recebimento/expedição e disponibilidade de docas	CGC/express	USI04; USI05; USI09; USI15	Janela integrada CD–terminal de carga (API/agenda única), faixas dedicadas para carga e SLA por doca
Aeroportos coordenados (vários)	<i>Slots</i> escassos nas faixas desejadas; pátios no limite	Reprogramações e custo extra por janela fora do ideal	CGC	FSI02; FSI31; FSI32	Rebalanceamento de <i>slots</i> (faixas “ombro”), <i>turnaround time</i> pactuado e KPIs de ocupação de pátio
Processos de <i>handling</i> /desembarço	Ritmo de <i>handling</i> e etapas de desembarço lentas	Tempo de ciclo maior e variância elevada	CGC	USI19; USI21; USI23	Padronização de processos, checklists digitais, pré-clearing documental e SLA com operadores

Fonte: FDC (2025)

No Cenário B, priorizam-se medidas operacionais: *slotting* dinâmico (*landside/airside*), janelas estendidas, pátio satélite, SLA de *handling* e integração digital CD–terminal. Onde o limite é estrutural (pátios/pistas), os projetos entram no Cenário C, com escopo orientado pelos fluxos de alto valor/tempo-sensível e pelas janelas críticas identificadas nas entrevistas.

¹² Notas de interpretação: (i) Os problemas *landside* (pátios, docas, acesso rodoviário e agenda) retroalimentam os *airside* (fila de aeronaves/pátio), exigindo governança integrada; (ii) agendamento dinâmico e pátio satélite são alavancas de baixo CAPEX com ganho rápido; (iii) para hubs coordenados, faixas “ombro” e KPIs de pátio/*turnaround* ajudam a espalhar demanda sem penalizar as cargas mais sensíveis ao tempo.

Infraestrutura de Apoio

Os relatos convergem para oferta insuficiente e distribuição desigual de pontos de parada/descanso (PPDs), serviços ao motorista (banho, alimentação, manutenção leve), áreas de espera reguladas e apoio à segurança (iluminação, monitoramento). A carência desses ativos eleva risco operacional, quebra de conformidade (horas de direção/descanso), variância de tempo (paradas ad hoc) e custos de última hora (pane/socorro). Na literatura de segurança e produtividade rodoviária, PPDs adequados reduzem sinistros e melhoram desempenho (Jovanis et al., 2011). Abaixo, os casos mais citados e as indicações práticas.

Tabela 30: Infraestrutura de apoio apontadas

Local/Ativo	Problema específico¹³	Efeito operacional	Perfil de carga (ex.)	Evidências (cód.)	Indicação (curto/médio prazo)
<i>PPDs em corredores troncais (SE/S/CO)</i>	Oferta insuficiente e distância excessiva entre paradas; serviços incompletos	Quebra de conformidade (horas HOS), fadiga e paradas não planejadas	CGC/CGNC; GSA/GL	USI33; FSI22; USI44	Mapa de lacunas por corredor, rede mínima de PPDs a cada 150–200 km, contrato de serviço padrão (sanitários/chuveiro/segurança)
<i>Áreas de espera em polos logísticos e retroportos</i>	Ausência de bolsões regulados (aguardo de janela) e banho/sanitários	Aglomerado no viário local, quebra de janela e tensões sociais	CGC/contêiner	FSI22; USI43	Bolsões de espera com controle de acesso, sanitários e agendamento integrado (fila virtual)
<i>Serviços de manutenção leve em rota</i>	Baixa disponibilidade de borracharia/oficina segura 24/7	Pane vira interdição; risco e custos maiores	GSA/GL; CGC	USI33	Pontos de serviço 24/7 em eixos críticos; convênios com socorro credenciado e SLA
<i>Segurança física (iluminação/monitoramento)</i>	Iluminação precária e monitoramento inexistente em paradas improvisadas	Risco de roubo/violência; retração de janelas noturnas	Alto valor/CGC	USI33; FSI20	Iluminação padrão, CFTV e ronda em PPDs; integração com rota segura (policimento)
<i>Apoio à higiene e bem-estar</i>	Falta de sanitários/banho e áreas de refeição	Aumento de paradas improvisadas e absenteísmo	Multimodal (rodoviário)	USI33; FSI22	Kit mínimo de serviços por PPD (banho, sanitário, refeitório), certificação e sinalização nas rotas

Fonte: FDC (2025)

¹³ Notas de interpretação: (i) “Infraestrutura de Apoio” aqui refere-se a ativos de suporte operacional e humano ao longo do corredor e nos pontos de espera (não confundir com pátios portuários e docas, tratados em Portos/Aeroportos); (ii) PPDs e bolsões regulados funcionam como válvulas de regularidade: reduzem paradas improvisadas, melhoram conformidade legal e segurança, e estabilizam janelas; (iii) a qualidade mínima dos serviços precisa ser padronizada para gerar confiança de uso e efeito sistêmico.

No Cenário B, priorizam-se: (a) implantação de bolsões de espera integrados à fila virtual em polos/retroportos; (b) contratação e certificação de PPDs padrão (rede mínima por corredor, kit de serviços e segurança); (c) convênios de socorro 24/7 com SLA. Quando houver necessidade de novos *sites* (*greenfield*) em trechos longos sem oferta, esses entram no Cenário C, com priorização orientada pelos fluxos produto×região (87%) e pela criticidade de segurança/conformidade observada nas entrevistas.

O conjunto de evidências empíricas e bibliográficas converge para três mensagens: (i) eliminar gargalos físicos críticos (duplicações estratégicas, dragagem/calado, bacias de evolução, nós ferroviários) gera retornos econômicos altos por reduzir tempo e variância — dimensões com elasticidades relevantes sobre comércio e produtividade; (ii) governança contratual (concessões/PPPs) e coordenação interinstitucional são tão determinantes quanto o CAPEX — a experiência internacional mostra que desenho regulatório fraco dilui ganhos; (iii) capacidades transversais (conectividade digital e infraestrutura de apoio) amplificam os efeitos de investimento ao melhorar segurança, cumprimento de janelas e confiabilidade ponta-a-ponta. Essas lições interpretam de forma coerente as falas dos entrevistados — de filas onerosas (USI43) à colapsabilidade de corredores (USI28) e à dependência de obras de acesso (FSI03/FSI32) — e, conforme discutido, alinham o diagnóstico com o estado da arte em economia do transporte e operações.

Mão de Obra e Frota

Os relatos convergem para uma escassez persistente e crescente de motoristas, com envelhecimento da base, menor entrada de novos profissionais e competição com outros setores (USI18; FSI22; USI23; USI28). Essa percepção é compatível com a literatura, que caracteriza a “driver shortage” como fenômeno estrutural e multifatorial — associado a remuneração relativa, condições de trabalho, rotatividade e imagem ocupacional — mais do que a um ciclo curto do mercado de trabalho (Burks & Monaco, 2019; National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2024).

A escassez não é apenas quantitativa: transborda para segurança e confiabilidade operacional. Evidências causais mostram que horas acumuladas de direção e descanso insuficiente elevam o risco de acidentes; estudos quantificam que pausas curtas sucessivas reduzem substancialmente a probabilidade de sinistro — por exemplo, uma, duas e três pausas reduzem as chances de acidente em cerca de 68%, 83% e 85% respectivamente, em operações de longa distância (Chen & Xie, 2014; ver também sínteses e dados regulatórios em FMCSA, 2011; Jovanis et al., 2011).

Em termos de produtividade logística, a literatura de operações demonstra que choques de capacidade de trabalho (*workforce capacity shocks*) nos elos rodoviários propagam efeitos de “ripple” pela rede multimodal — atrasos, maior variância de *lead time* e necessidade de estoques de segurança mais altos — deteriorando o desempenho sistêmico (Dolgui & Ivanov, 2021; Shen et al., 2021). Esses mecanismos teóricos espelham os relatos de “podemos enfrentar períodos difíceis” (USI23) e “começamos a sentir essa escassez...” (FSI22).

A fala do FSI20 (“vem envelhecendo e os veículos também...”) aponta para um duplo envelhecimento — da frota e da força de trabalho. Em cadeias intensivas em transporte, a evidência de gestão e estratégia indica que investimento em capital humano (qualificação, comprometimento e *multiskilling*) eleva a integração da cadeia e o desempenho competitivo; sem investimento contínuo em gente e ativos, a capacidade se contrai e a variância operacional cresce (Crook et al., 2011; Afshar-Nadjafi, 2021).

Isso repercute no que ouvimos sobre falta de atratividade da ocupação e custo de manter equipes (USI18; USI28): sem políticas de formação/financiamento e renovação de ativos (frota mais segura, confortável e produtiva), a retenção piora — e a literatura associa piores condições e baixos salários a maior rotatividade e piores desfechos de segurança (Rodríguez, Targa, & Belzer, 2006; Kudo et al., 2019).

No eixo marítimo, entrevistados relatam escassez de capitães e tripulantes (USI25; USI30) e barreiras institucionais à formação/certificação. Há debate acadêmico importante: enquanto o *Seafarer Workforce Report 2021* (BIMCO/ICS) projeta déficit de oficiais em funções críticas, trabalhos recentes reavaliam os dados e sugerem superávit agregado com gargalos em patentes superiores (Tang & Bhattacharya, 2021), quadro compatível com as falas sobre cargos específicos “difíceis de fechar”. Além disso, a implementação nacional do regime STCW estrutura a certificação e pode limitar a capacidade de treinamento quando excessivamente centralizada (IMO, STCW).

Quanto ao arcabouço de cabotagem, a literatura em economia marítima e comércio aponta que regras de proteção — como exigências de bandeira/construção nacional e nacionalidade da tripulação — reduzem contestabilidade e flexibilidade, pressionando custos e confiabilidade dos serviços (UNCTAD, 2017; Olney, 2020). Isso ecoa a associação feita pelos entrevistados entre normas trabalhistas/competição e desempenho logístico na cabotagem (USI42).

Por fim, em contextos de choque (conflitos, riscos de rota), efeitos sobre atração e retenção de tripulantes tornam-se mais nítidos, elevando prêmios de risco e a rotatividade — dinâmica recente observada em rotas afetadas por ataques no Mar Vermelho e tensões no Oriente Médio, com impactos sobre prêmios de seguro e disponibilidade de tripulações (Reuters, 2024; Economist Intelligence Unit, 2024; ICS, 2023–2024).

Tabela 31: Gargalos – Mão de Obra

<i>Categoria</i>	<i>Subcategoria Axial</i>	<i>Descrição da Subcategoria Axial</i>	<i>Priorização do Gargalo</i>	<i>Ocorrências</i>
<i>Mão de Obra</i>	Motoristas de Caminhões	Escassez de motoristas qualificados, envelhecimento/baixa reposição e menor atratividade da profissão, gerando vagas em aberto, aumento de custos e risco de não atendimento.	Predominantemente Alta	19
<i>Mão de Obra</i>	Financiamentos e Investimentos	Falhas de financiamento/incentivos para repor a força de trabalho e renovar a frota de caminhões; envelhecimento da frota e da base de motoristas elevam riscos e reduzem eficiência.	Predominantemente Média	3
<i>Mão de Obra</i>	Profissionais Marítimos	Escassez de mão de obra embarcada (capitães/ tripulação fluvial-marinha) e gargalos na formação (ex.: restrição de oferta de cursos), limitando a capacidade operacional.	Predominantemente Média/Alta	7

<i>Mão de Obra</i>	Profissionais Aeroportuários	Falta de gestores e operadores capacitados (especialmente em aeroportos municipais/regionais), com iniciativas pontuais de capacitação (ANAC) ainda insuficientes para a demanda.	Predominantemente Média	4
--------------------	-------------------------------------	---	--------------------------------	----------

Fonte: FDC (2025)

As falas “falta gente para gerir uma infraestrutura dessa” (USI36) e “está cada vez mais difícil achar mão de obra qualificada” (USI38) apontam para um gargalo de capital humano gerencial e operacional também no contexto dos aeroportos. A literatura recente em transporte aéreo descreve déficits persistentes na “linha de solo” e nos times de coordenação/gestão, destacando que recrutamento, qualificação, escalas e retenção se tornaram fatores críticos para sustentar a capacidade efetiva (Wandelt & Wang, 2024). Estudos aplicados do ACRP também mostram que, sem *pipeline* de talentos, trilhas de carreira e programas estruturados de capacitação, a expansão física não se traduz em desempenho, especialmente em funções de operações aeroportuárias e de apoio ao pátio (Airport Cooperative Research Program [ACRP], 2018). Em paralelo, análises setoriais indicam que digitalização e automação em *ground handling* são hoje alavancas centrais de produtividade e segurança, mas exigem novas competências e desenho de trabalho — do planejamento de turnos ao uso de dados em tempo real (International Air Transport Association [IATA], 2022; Thums et al., 2023).

Esse enquadramento explica por que obras, sozinhas, não resolvem filas e prazos quando o componente “gente-processos-tecnologia” não evolui. Evidências de implementação do A-CDM mostram que coordenação entre atores e padronização de marcos operacionais melhoram previsibilidade de giro de aeronaves e uso de recursos (EUROCONTROL, 2016; Okwir et al., 2017). Na mesma linha, pesquisa de otimização integrando escalonamento de tarefas e dimensionamento de equipes de solo demonstra ganhos de eficiência quando o planejamento de pessoal é tratado como problema acoplado ao fluxo operacional, e não como etapa isolada (Cappanera et al., 2024). Relatórios técnicos e revisões também convergem ao apontar que a adoção de soluções digitais no pátio — sensores, rastreabilidade de GSE, *analytics* para *turnaround* — só captura valor quando combinada com modelos de qualificação, desenho de turnos e práticas de retenção (IATA, 2022; Thums et al., 2023).

Por fim, essa leitura se alinha à literatura ampla de gestão da cadeia e operações, que associa capital humano a melhor desempenho, agilidade e qualidade. Meta-análises e estudos multisetoriais mostram que investimento em qualificação e desenvolvimento impacta diretamente a eficiência operacional e, por consequência, a eficácia logística — justamente as dimensões importantes em *handling*, inspeção e liberação (Crook et al., 2011; Overstreet et al., 2019; Santa et al., 2022). Em cadeias intensivas em transporte, como as conectadas a *hubs* aéreos, isso significa variância menor de *lead time*, maior confiabilidade de serviço e menos “perdas” por gargalos de mão de obra.

Multimodalidade

Os dados mostram priorização elevada em Acesso aos Portos, Acesso às Hidrovias, Integração Multimodal e Planejamento Multimodal. Essa leitura das entrevistas dialoga com a literatura que relaciona acessos eficientes e integração modal a custos de transporte, tempos de ciclo e competitividade do comércio

exterior. Estudos clássicos estimam que cada dia adicional em trânsito equivale a um ad valorem de 0,6% a 2,1% (Hummels & Schaur, 2013), o que torna gargalos de acesso e descoordenação entre modais especialmente onerosos em cadeias tempo-sensíveis.

Complementarmente, a eficiência portuária e a qualidade da infraestrutura respondem por variações relevantes em custos e volumes: melhorar a eficiência do 25º para o 75º percentil pode reduzir o frete marítimo em ~12% (Clark et al., 2004), enquanto piora de infraestrutura eleva custos e reduz volumes (Limão & Venables, 2001).

No material empírico, diversos entrevistados descrevem ausência de integração efetiva entre rodoviário, ferroviário e aquaviário — “a estrutura está no limite... qualquer imprevisto colapsa o negócio” (USI28) — e acessos portuários insuficientes, como o caso de entrada/saída “por uma única via” em terminais (FSI32). Tais evidências estão alinhadas ao conceito de regionalização portuária (Notteboom & Rodrigue, 2005), segundo o qual a performance do porto decorre, crescentemente, da qualidade da rede de sua hinterlândia e de nós interiores (*dry ports*, terminais intermodais).

Os depoimentos dão destaque a vias de acesso saturadas e conexões ferroviárias insuficientes para alcançar terminais marítimos estratégicos. Em FSI32, por exemplo, “[...] vindo do Guarujá... não tem como acessar... precisa ir a Cubatão para retornar ao terminal”; em USI43, relatam-se filas de atracação e custos elevados de *demurrage*, além de limitações de calado que reduzem produtividade. Esses elementos ecoam resultados consagrados: portos “ruins” são equivalentes a estar 60% mais distante dos mercados (Clark et al., 2004), e *bottlenecks* de calado e conexão terrestre amplificam tempos e variância de *lead time*, penalizando cadeias *just-in-time*.

Como implicação, políticas e concessões portuárias que internalizem o acesso ferroviário/rodoviário (condicionalidades de investimento, *last-mile* dedicado, coordenação com autoridades urbanas) são consistentes com a fase de regionalização (Notteboom & Rodrigue, 2005) e com a literatura de intermodalidade que recomenda *bundling* e *scheduling* coordenados entre terminais marítimos e nós interiores.

As falas USI25 e USI29 destacam restrições fluviais (derrocamento do Pedral do Lourenço no Tocantins; dragagens no Madeira/Tapajós) e acessos viários precários aos terminais fluviais (USI25: “26 km sem pavimento... não é possível levar algodão”). A literatura recente mostra que a integração da hidrovia à cadeia intermodal depende de melhorias físicas (calado, balizamento) e soluções organizacionais (janelas, *bundling*, sincronização com ferrovia/rodovia) (Caris et al., 2014).

Ainda, estratégias de *dry ports* — nós interiores conectados por ferrovia/barcaça com os portos — reduzem congestionamentos e estabilizam tempos de ciclo, sobretudo quando há gargalos urbanos nos acessos marítimos (Roso et al., 2009). A adoção dessas soluções tem sido associada a melhorias no desempenho logístico sem requerer, no curto prazo, expansões onerosas de cais (quando *slots* e calado são limitantes).

Várias entrevistas reforçam que falta um desenho nacional de integração modal, com governança interagências e priorização de corredores (p.ex., USI28; USI29; FSI31). Isso conversa com a literatura que, desde os anos 2000, aponta a intermodalidade como campo próprio de pesquisa e prática, exigindo coordenação multiescala (planejamento, tático e operacional) (Bontekoning et al., 2004; Macharis & Bontekoning, 2004; Caris et al., 2008).

No plano micro, a ausência de integração entre horários, janelas e interfaces físicas (“não conseguimos integrar os modais de forma eficiente”, USI28) gera atrasos, filas e *rehandling*. No plano macro, o desbalanceamento da matriz relatado pelos entrevistados (rodoviários predominantes e subutilização de ferrovia/hidrovia) reforça o diagnóstico de que planejamento multimodal com metas de *modal shift*, *bundling* e *service design* é condição para ganhos sustentáveis de produtividade e redução de emissões (Caris et al., 2014; Roso et al., 2009).

Tabela 32: Gargalos - Multimodalidade

<i>Categoria</i>	<i>Subcategoria Axial</i>	<i>Descrição da Subcategoria Axial</i>	<i>Priorização do Gargalo</i>	<i>Ocorrências</i>
<i>Multimodalidade</i>	Financiamentos e Investimentos	Falhas de financiamento e/ou de desenho de investimentos (p. ex., licitações sem obrigação de acesso ferroviário) que atrasam obras e impedem a integração entre modais, elevando custos.	Predominante mente Alta	33
<i>Multimodalidade</i>	Acesso aos Portos	Gargalos de acesso rodoviário/ferroviário aos portos (conexões insuficientes, vias saturadas, filas e restrições operacionais), com impacto direto em prazos e competitividade.	Predominante mente Alta	29
<i>Multimodalidade</i>	Acesso às Hidrovias	Conexões insuficientes entre rodovias/ferrovias e hidrovias; falta de ligações e de infraestrutura de interface que viabilizem o uso competitivo do modal hidroviário.	Predominante mente Alta	29
<i>Multimodalidade</i>	Integração Multimodal	Ausência de integração efetiva entre rodoviário, ferroviário, hidroviário e portuário (planejamento/infraestrutura/coordenação), resultando em custos maiores e atrasos.	Predominante mente Alta	25
<i>Multimodalidade</i>	Planejamento Multimodal	Falhas de planejamento e de coordenação interinstitucional que perpetuam o desbalanceamento da matriz e atrasam decisões de investimento multimodal.	Predominante mente Alta	18
<i>Multimodalidade</i>	Acesso aos Terminais Hidroviários	Acessos viários precários ou inexistentes aos terminais fluviais (ex.: trechos não pavimentados), gerando interrupções, contaminação de carga e atrasos.	Predominante mente Alta	6

Fonte: FDC (2025)

Para evitar duplicações com “Infraestrutura Precária”, o que segue foca exclusivamente nas interfaces entre modos (rodoviário/ferroviário/hidroviário ↔ portos/terminais) e na operação intermodal (bundling, scheduling, última milha). Gargalos intra modais (pavimento, V/C, berços/calado) permanecem nos subtópicos próprios; aqui tratamos do encaixe entre os modos. As evidências empíricas (USI/FSI/ASI) são apresentadas por corredor/ativo, preservando rastreabilidade.

Tabela 33: Corredores e interfaces multimodais citados

Corredor/Interface	Ponto de interface (last mile)	Problema específico¹⁴	Efeito operacional	Perfil de carga (ex.)	Evidências (cód.)	Indicação (curto/médio prazo)
<i>Santos – porto ↔ hinterlândia</i>	Rodoviário↔gates/pátios e ferrovia↔cais	Janelas/gates rígidos; fila de atracação; restrições na bacia de evolução/canal	Demurrage, variação de ciclo; desbalanceamento cais↔retroárea	Contêiner/C GC; granéis	USI43; FSI03; FSI22; FSI32	Agendamento dinâmico porto–CD, pátio satélite, regras de janela ferroviária; obras de bacia/canal quando limitantes
<i>Itajaí/Paranaguá – portos do Sul</i>	Rodoviário↔berços/retroárea	Retroárea/berços no limite; acessos urbanos pressionados	Filas e reboques “fantasmas”; custo urbano	Contêiner/C GC	FSI22; USI41	Expansão de pátios/berços, contornos urbanos e coordenação porto–CD (drayage)
<i>Arco Norte – Mirirituba↔Barcarena/Santarém</i>	Hidrovia↔terminais fluviários↔rodovia	Calado/dragagem/balizamento e acessos viários aos terminais	Janela estreita da hidrovia; transbordos com espera	GSA/GL	USI25; ASI46; USI43	Programa de dragagem/balizamento com metas de janela; pavimentação/adequação de acessos aos terminais
<i>Eixos de acesso ferroviário a portos (vários)</i>	Ferrovia↔pátios portuários	Slots/janelas escassos; triagens saturadas	Perda de janela no cais; desvio para rodoviário	Grãos/minerais/CGC	USI41; FSI27; USI43	Acordos de janela porto–ferrovia, ampliação de pátios/cruzamentos e CTC
<i>Distribuição metropolitana (SE/S)</i>	Rodoviário↔CDs urbanos	Time windows restritivas; zonas de restrição a caminhão	Quebra de janelas, baixa velocidade	CGC/CGNC	USI28; FSI31	Off-peak com incentivos, zonas de carga/descarga dedicadas e API de agendamento

¹⁴ Observação metodológica: Onde o gargalo é intra-modal (p. ex., pavimento ruim ou V/C alto), ele foi tratado nos subtópicos de Rodovias/Portos/Hidrovias/Ferrovias. Aqui, descrevemos apenas o que quebra a costura entre os modos (interfaces e operação intermodal).

*Dry ports /
terminais
interiores*

Ferrovia/Barcaça↔
porto marítimo

Sincronização frágil
de janelas;
capacidade
limitada

Congestionam
ento em porto;
maior variância
de trânsito

Contêiner/C
GC

USI41;
USI43

Bundling de
viagens,
janela
integrada
terminal
interior–porto
e aumento
modular de
slots

Fonte: FDC (2025)

Alguns depoimentos assinalam licitações e investimentos que não contemplam obrigações de acesso intermodal (“licitação... não tem obrigação de acesso ferroviário”, casos associados a FSI32/USI43). A evidência internacional sugere que investimentos focados apenas no ativo portuário — sem capilaridade com hinterlândia — não se traduzem em melhoria de custo generalizado; a qualidade de infraestrutura ao longo de todo o corredor explica parcela relevante dos custos e volumes (Limão & Venables, 2001; Clark et al., 2004). Assim, condicionar CAPEX portuário a entregas de última milha e conexões ferroviárias/hidroviárias é uma boa prática coerente com a fase de regionalização (Notteboom & Rodrigue, 2005).

Onde o problema for intra-modal, a priorização deve seguir os capítulos de Portos/Hidrovias/Rodovias/Ferrovias. Onde o elo intermodal for o gargalo, recomenda-se condicionar CAPEX a entregas de última milha e acordos operacionais de janela, para que o ganho apareça no custo generalizado.

Os casos mostram que sem integração operacional, ganhos de CAPEX “no ativo” não se convertem em redução do custo generalizado: é a coordenação porta-a-porta que faz a eficiência aparecer (Hummels & Schaur, 2013; Notteboom & Rodrigue, 2005). No curto prazo (Cenário B), priorizam-se agendamento integrado (porto–ferrovia–CD), *bundling/scheduling* por janela e pátios satélite em corredores críticos. Para médio prazo (Cenário C), condicionam-se investimentos a entregas de *last mile* (rodoviário e ferroviário), dragagem/balizamento quando a hidrovia for parte do corredor e contratos de janela com KPIs (*turnaround*, ocupação de pátio, *No-Show*) — ajuste coerente com a regionalização portuária e com a evidência de que infraestrutura de hinterlândia explica boa parte do desempenho logístico (Clark et al., 2004; Limão & Venables, 2001).

Plano de Estado e Implementação

As narrativas dos entrevistados convergem para a ausência de uma política de Estado para logística e transportes — isto é, diretrizes estáveis, plurianuais e blindadas de ciclos eleitorais. Essa ausência se manifesta em três frentes interligadas: (i) descontinuidade de planos e investimentos, (ii) insegurança jurídica e regulatória, e (iii) dificuldade de viabilizar financiamento de longo prazo. A literatura sugere que esses três fatores se reforçam, elevando custo de capital, reduzindo investimento e, no limite, perpetuando gargalos de infraestrutura e competitividade (Levy & Spiller, 1994; Estache & Wren-Lewis, 2009).

Diversas falas explicitam a troca recorrente de prioridades a cada governo. Como resumiu FSI06: “Não temos um plano de estado, e sim de governo”; na mesma direção, FSI08 e FSI10 enfatizam que “cada governo muda as prioridades”. A percepção reaparece em USI39 e FSI31, ao destacar que mudanças de ciclo atrasam obras e políticas; USI12 aponta a necessidade de “um projeto de 20, 30 anos”. Em termos econômicos, a literatura

relaciona essa volatilidade à incerteza de política econômica, que desestimula investimento privado e público de longo prazo (Baker et al., 2016; Gulen & Ion, 2016). Em contextos de maior incerteza, firmas adiam CAPEX e exigem prêmios de risco mais elevados, o que reduz a taxa de formação de capital — dinâmica particularmente danosa em infraestrutura, dada a irreversibilidade e os longos ciclos de maturação. Sem âncoras de planejamento (leis-quadro, planos vinculantes com metas e *funding* dedicado), a carteira de projetos sofre *stop-and-go* orçamentário, encarece, e perde credibilidade junto a financiadores e operadores — um padrão extensamente documentado em economias emergentes.

A insegurança jurídica aparece como mecanismo de transmissão central entre a oscilação de prioridades e o custo do capital. FSI45 denuncia “agências reguladoras... capturadas pela política”; FSI13 e USI09 associam a falta de previsibilidade regulatória a travas de investimento; e USI42 pede um “Plano de Estado” para reduzir burocracia e incerteza. A evidência acadêmica aponta que compromissos regulatórios críveis — estabilidade de regras, autonomia técnica, e *enforcement* — são determinantes para atrair investimento de infraestrutura e reduzir renegociações e litígios (Levy & Spiller, 1994; Estache & Wren-Lewis, 2009). Onde o regime regulatório oscila, o beta regulatório dos projetos aumenta e o WACC sobe; a consequência é um círculo vicioso de atrasos, sobrecustos e menores ofertas em leilões — o que se reflete nas falas sobre “incerteza para investidores e operadores logísticos” (USI09).

Os entrevistados também descrevem restrições objetivas de *funding*. FSI14 quantifica o desbalanceamento orçamentário: “menos de 5% foi destinado ao setor ferroviário” (versus 95% ao rodoviário), e FSI20 aponta que mudanças tributárias em debêntures “criam um gargalo fundamental” ao financiamento privado. Em USI29, críticas recaem sobre a concentração de investimentos “em trechos mais rentáveis”, sugerindo falha de coordenação e fiscalização para assegurar conectividade sistêmica.

Tabela 34: Gargalos - Plano de Estado

<i>Categoria</i>	<i>Subcategoria Axial</i>	<i>Descrição da Subcategoria Axial</i>	<i>Priorização do Gargalo</i>	<i>Ocorrências</i>
<i>Plano de Estado e Implementação</i>	Viabilização de Financiamentos e Investimentos	Mudanças tributárias, desenho inadequado de instrumentos e falta de condicionalidades para <i>funding</i> (p.ex., acesso ferroviário/portuário) reduzem a atratividade e interrompem obras, afetando CAPEX em portos, ferrovias e hidrovias.	Predominantemente Alta	38
<i>Plano de Estado e Implementação</i>	Descontinuidade de Planos e Investimentos	Ausência de política de Estado e trocas de governo que mudam prioridades geram paralisações/atrasos em projetos de longo prazo, elevando incerteza e o custo de oportunidade.	Predominantemente Alta	19
<i>Plano de Estado e Implementação</i>	Insegurança Jurídica	Incerteza regulatória (incluindo captura/fragilidade de agências e licitações sem obrigações de integração) aumenta o risco percebido e desincentiva investimentos privados.	Predominantemente Alta	15

Fonte: FDC (2025)

A literatura de PPP e financiamento de infraestrutura mostra que projetos *bankable* dependem de desenho contratual que internalize riscos controláveis, distribua riscos não controláveis ao poder público e mantenha incentivos de eficiência no ciclo de vida (Engel et al., 2013. Martimort & Pouyet, 2008). Sem ambiente regulatório estável e *pipeline* previsível, o custo de capital privado sobe e a competição em leilões cai, reduzindo *value for money*.

Especificamente, foram relatadas questões regulatórias relacionadas às dificuldades de implementar projetos de alto impacto, que geram a insegurança jurídica e a inviabilização de investimentos que produzem incerteza sobre o futuro da infraestrutura do país. Nesse sentido, diversos relatos se referem à dificuldade de se obter licenciamento ambientais para projetos para viabilizar investimentos, especialmente no Arco Norte, mas também à complexidade na fiscalização de concessões para que esses investimentos sejam de fato realizados.

Tabela 35: Processos que complicam a implementação de projetos de impacto

<i>Processo</i>	<i>Onde ocorre (modal/cenário)</i>	<i>Gargalo específico</i>	<i>Efeito operacional</i>	<i>Evidências (cód.)</i>
<i>Licenciamento ambiental (LP/LI/LO; EIA/RIMA)</i>	Obras de infraestrutura/corredores	Prazos extensos e imprevisíveis (até ~2 anos EIA/RIMA)	<i>Stop-and-go</i> de obras, custo de capital maior	FSI06; ASI46

<i>Consulta prévia (OIT 169)</i>	<i>Greenfield em Arco Norte/áreas sensíveis</i>	Sequência e escopo pouco claros; sobreposição com outras fases	Atrasos de implantação e insegurança jurídica	FSI45; USI25
<i>Fiscalização de CAPEX em concessões</i>	<i>Rod./Ferrov.</i>	Metas/entregas pouco auditáveis; baixa execução pactuada	Capacidade prometida não se materializa, risco regulatório	USI29

Fonte: FDC (2025)

A subcategoria Licenciamento foi classificada como predominantemente alta. As falas indicam prazos extensos e imprevisíveis: “o licenciamento ambiental pode levar anos e inviabilizar projetos importantes” (FSI06); “EIA/RIMA... pode levar 2 anos” (ASI46); “problema de meio ambiente... precisa liberar licenciamento e revisar normas do Ibama” (USI25); menções a “OIT 169” como barreira à implantação no Arco Norte (FSI45). A literatura de regulação em infraestrutura indica que previsibilidade procedimental e compromissos regulatórios críveis são determinantes para reduzir o WACC dos projetos e evitar stop-and-go (Levy & Spiller, 1994; Estache & Wren-Lewis, 2009). Não se trata de “desregular”, mas de tornar o processo objetivo, célere e auditável, com checklists e prazos vinculantes.

Tabela 36: Intervenções regulatórias correspondentes

Subcategoria	Intervenção proposta	Como endereça o problema
<i>Licenciamento</i>	Cronograma vinculante (LP/LI/LO), Termo de Referência padronizado para EIA/RIMA e marcos de consulta OIT 169 definidos	Diminui imprevisibilidade (FSI06; ASI46; FSI45) e o WACC do projeto
<i>Viabilização de Financiamentos e Investimentos</i>	KPIs de execução (CAPEX/OPEX) audíveis; penalidades e bônus por entrega; auditoria independente	Aumenta credibilidade (USI29), reduz risco de “não-entrega”
<i>Insegurança Jurídica</i>	Coordenação interagências (acordos de cooperação) + consolidação normativa por corredor	Diminui conflito entre órgãos e volatilidade de regra

Fonte: FDC (2025)

Dois padrões emergem: (i) mudanças de regra, conflitos interagências e captura regulatória (“agências... capturadas pela política”, USI29; “não dá para ficar vendo um órgão batendo cabeça com outro”, USI29), e (ii) falhas de fiscalização de investimentos pactuados em concessões (“se a ferrovia não está investindo o quanto deve, como é que ela vai transportar?”, USI29). A literatura mostra que credibilidade regulatória (autonomia e *enforcement*) reduz renegociações e atrai mais concorrência aos leilões (Levy & Spiller, 1994), enquanto modelos contratuais com alocação adequada de riscos e metas claras de CAPEX/OPEX elevam o value for money (Engel et al., 2013) Em síntese: regulação estável é pró-investimento.

Do ponto de vista de benefícios econômicos, a priorização de corredores de acesso a portos e de integração modal tem forte *payoff* social: melhorias em eficiência portuária e conectividade reduzem custos de frete e ampliam comércio (Clark et al., 2004; Limão & Venables, 2001); reduzir tempos de trânsito tem efeito equivalente a um corte tarifário (Hummels & Schaur, 2013); e a regionalização portuária fortalece a articulação porto-hinterlândia, aumentando resiliência (Notteboom & Rodrigue, 2005). Logo, a instabilidade do financiamento e do regime regulatório não é neutra: ela retrai exatamente os investimentos com maiores externalidades positivas sobre competitividade e crescimento.

Burocracia

Os achados indicam um bloco de gargalos institucionais-processuais com priorização predominantemente alta: Complexidade regulatória, Digitalização insuficiente e Lentidão de rotinas. Esses elementos convergem para o mesmo mecanismo econômico: atrasos e variância de tempo em etapas de liberação e fiscalização que se traduzem em *ad valorem* de comércio e elevação do custo de capital, como a literatura tem documentado (Hummels & Schaur, 2013; Clark et al., 2004; Limão & Venables, 2001). Em termos logísticos, a consequência é perda de confiabilidade sistêmica (*lead-time* e *schedule reliability*).

Tabela 37: Gargalos - Regulação e Burocracia

<i>Categoria</i>	<i>Subcategoria Axial</i>	<i>Descrição da Subcategoria Axial</i>	<i>Priorização do Gargalo</i>	<i>Ocorrências</i>
<i>Burocracia</i>	Complexidade	Excesso de etapas, exigências e órgãos intervenientes nos processos regulatórios (redundâncias documentais, múltiplos controles), elevando custos e incerteza operacional.	Predominantemente Alta	21
<i>Burocracia</i>	Digitalização	Persistência de rotinas analógicas (papel, canotos físicos, PDFs manuais) e baixa interoperabilidade entre sistemas públicos (Receita, Sefaz, fiscalização), gerando retrabalho e atrasos.	Predominantemente Alta	20
<i>Burocracia</i>	Lentidão	Morosidade em rotinas de liberação e controle (aduana, portos, fronteiras e sistemas fiscais), provocando filas, tempo de ciclo maior e perda de confiabilidade.	Predominantemente Alta	20
<i>Burocracia</i>	Circulação Urbana	Restrições regulatórias de circulação/horários e ruído em áreas urbanas que obrigam fragmentação de cargas e redesenho de rotas, com aumento de custos.	Predominantemente Média	6

Fonte: FDC (2025)

Entrevistados descrevem processos redundantes, multilaterais e com exigências sobrepostas, gerando *bottlenecks* mesmo quando a infraestrutura física existe. “São muitas exigências de documentos e controles que poderiam ser simplificados” (USI05); “a burocracia no comércio exterior é absurda, são muitos documentos e aprovações” (FSI02). Esse “tempo regulatório” funciona como tarifa implícita: cada dia adicional de trânsito/documentação equivale a um imposto sobre o valor da mercadoria (Hummels & Schaur, 2013). Na esfera portuária, ineficiências processuais têm efeito de distância econômica — portos “ineficientes” equivalem a estar muito mais longe dos mercados (Clark et al., 2004). A literatura mostra, ainda, que variância de tempo é tão relevante quanto o tempo médio, pois força estoques de segurança e amplia o custo financeiro do ciclo (Limão & Venables, 2001).

Tabela 38: Processos/documentos com problemas (por modal)

Processo / Documento	Onde ocorre (modal/cenário) ¹⁵	Gargalo específico	Efeito operacional	Evidências (cód.)
CT-e/DACTE e MDF-e (autorização fiscal)	Rodoviário (interestadual; coleta/entrega)	Indisponibilidade Sefaz/instabilidade de autorização; contingência em papel	Paradas forçadas, reemissão, quebra de janela, custo de espera	USI28
Canhoto físico / comprovante em papel	Rodoviário (B2B/retalho)	Exigência analógica de canhoto assinado; ausência de equivalência digital	Retrabalho, “500 t de papel/ano”, atrasos de faturamento	USI04
Portal Único – DU- E/DUIMP e LPCO (MAPA/Anvisa/IBAMA)	Portuário/Aéreo (export./import.)	Trilhas paralelas e etapas sequenciais entre anuentes; falhas de integração	Tempo de ciclo maior, fila em terminais, custos de armazenagem/demurrage	FSI02; USI23
Comprovação “Porto Sem Papel”	Portos (gates/pátios)	Processo híbrido: sistema on-line, mas exigência de papel na portaria	Fila de acesso, duplicidade de checagens	FSI32
Trânsito Aduaneiro (DTA/CCT)	Porto ↔ retroárea/CD	Tempos de deferimento e conferências não sincronizadas com janelas	Stops no fluxo, perda de janelas de atracação/coleta	USI43; FSI22
Autorizações/condições de acesso ferroviário a portos	Ferrovia ↔ Porto	Requisitos dissociados entre reguladores/gestores; janelas ferroviárias sem contrato de capacidade	Perda de janela no cais; desvio para rodoviário	USI41; FSI27; USI43
Regras municipais de circulação (janelas, zonas)	Urbano/última milha	Time windows restritivas e zonas de restrição não alinhadas a picos logísticos	Quebra de janelas, fragmentação de carga e custo por entrega	USI33; FSI31

Fonte: FDC (2025)

Os relatos indicam que CT-e/DACTE e MDF-e e canhoto físico concentram-se no rodoviário e última milha; DU-E/DUIMP/LPCO, DTA/CCT e “Porto sem Papel” afetam portos (e aéreo, quando aplicável); autorizações de acesso e janelas ferroviárias incidem em ferrovia↔porto; regras municipais recaem sobre operações urbanas (distribuição/retroáreas).

A persistência de rotinas analógicas e baixa interoperabilidade aparecem de forma recorrente: “transportamos por ano 500 t de papel de documento auxiliar...” (USI04); “não é só digitalizar... hoje falam muito de Porto sem papel, mas o motorista para pra pegar o papel” (FSI32); “indisponibilidade dos sistemas da Sefaz... gera gargalo” (USI28). O efeito econômico é direto: redução de tempo de ciclo via digitalização e *single windows* tem impactos comparáveis a cortes tarifários (Hummels & Schaur, 2013). Em estruturas portuárias, ganhos de coordenação informacional e integração com hinterlândia reforçam a fase de regionalização portuária (Notteboom & Rodrigue, 2005), na qual o desempenho do porto depende da rede de nós intermodais e dos sistemas de informação que os conectam.

¹⁵ Observação metodológica: Onde o entrevistado citou a família do documento (p.ex., “papel no porto”), explicitamos o provável artefato/processo associado para permitir ação (ex.: Porto sem Papel vs. exigência física; DU-E/DUIMP/LPCO no Portal Único).

Tabela 39: Intervenções regulatórias/operacionais correspondentes

Subcategoria	Intervenção proposta	Como endereça o problema
<i>Digitalização</i>	Equivalência jurídica do canhoto eletrônico; assinatura digital com trilha de auditoria; kill-paper em gates	Elimina papel (USI04; FSI32), reduz tempo e retrabalho
<i>Lentidão</i>	SLA regulatório para DU-E/DUIMP/LPCO e DTA + fila virtual e janela integrada terminal↔aduana↔transportes	Reduz espera e alinha processos às janelas operacionais (USI23; FSI02; USI43)
<i>Complexidade</i>	Checklist único por fluxo (export/import/trânsito) com ordem obrigatória das etapas; eliminação de duplicidades	Evita trilhas paralelas e exigências redundantes
<i>Circulação Urbana</i>	Off-peak com incentivos; zonas de carga/descarga dedicadas; API municipal de agendamento	Reduz quebra de janelas e custo por entrega (USI33; FSI31)
<i>Ferrovia↔Porto</i>	Contratos de capacidade (janelas ferroviárias), CTC e pátios alinhados a SLA portuário	Evita perda de janela e desvio para rodoviário (USI41; FSI27; USI43)

Fonte: FDC (2025)

Restrições de horário/zonas de silêncio e regras municipais forçam fragmentação de cargas e maior custo por unidade: “o ideal seria chegar fora do trânsito..., mas não pode” (USI33); “prefiro quebrar a mercadoria em 2–3 veículos” (USI33). A literatura de logística urbana confirma esse *trade-off* e recomenda instrumentos como centros de consolidação urbana e entregas fora do horário de pico, sob governança pública integrada (Dabanc, 2007).

Segurança

Os depoimentos analisados convergem para um diagnóstico consistente: a insegurança ao longo dos corredores logísticos – sobretudo rodoviários, mas também em acessos portuários, hidrovias e dutos – tornou-se um fator estruturante de custo, de ineficiência operacional e de perda de confiabilidade. A literatura de topo sobre risco e resiliência em cadeias de suprimento antecipa que ameaças deliberadas (roubos, vandalismo, pirataria) geram respostas defensivas (escortas, mudanças de rota, janelas restritas) que encarecem e tornam menos previsíveis os fluxos (Jüttner et al., 2003; Tang, 2006; Baryannis et al., 2018). Os achados desta rodada ilustram, com granularidade setorial e territorial, essas “traduções operacionais” do risco.

Tabela 40: Gargalos - Segurança

Categoria	Subcategoria Axial	Descrição da Subcategoria Axial	Priorização do Gargalo	Ocorrências
<i>Segurança</i>	Roubos e Furtos: Rodovias	Incidência de roubos e furtos em rodovias e áreas urbanas, agravada por trechos lentos/críticos e pela escassez de pontos de parada seguros; eleva o custo de seguro e exige uso de escoltas.	Predominantemente Alta	14

<i>Segurança</i>	Roubos e Furtos: Hidrovias	Ações criminosas em hidrovias (pirataria, saques e sequestros) em trechos com baixo patrulhamento, afetando especialmente cargas de maior valor e combustíveis.	Predominantemente Alta	6
<i>Segurança</i>	Roubos e Furtos: Portos	Ocorrências em acessos e áreas portuárias, demandando cercamento, iluminação e vigilância integrada com forças públicas; gera atrasos e perda de competitividade de terminais.	Predominantemente Alta	4
<i>Segurança</i>	Roubos e Furtos: Oleodutos	Vandalismo e furtos em dutos/oleodutos com perdas e interrupções operacionais relevantes; requer monitoramento contínuo e proteção dedicada.	Predominantemente Alta	2

Fonte: FDC (2025)

Relatos repetidos de “piratas do asfalto” e de aumento expressivo de eventos (p.ex., “2023 com 110 eventos... 2024, 116... e 2025, 200 casos já na metade do ano” — USI23) são coerentes com a teoria das atividades rotineiras: crimes emergem quando ofensores motivados encontram alvos adequados na ausência de guardiões capazes; congestionamento e paradas forçadas ampliam a “janela de oportunidade” (Cohen & Felson, 1979). Essa mecânica aparece explicitamente quando a lentidão em trechos críticos é associada a ataques em movimento (USI04) e quando empresas evitam circular após as 18h em áreas de maior risco (FSI31). A seguir, consolidamos os corredores e ativos mais citados, indicando onde ocorrem as ocorrências de segurança, quais mediadores elevam o risco e quais os efeitos operacionais, com rastreabilidade (USI/FSI/ASI).

Tabela 41: Segurança — corredores/ativos citados (exemplos acionáveis)

Corredor / Ativo	Região	Trecho / Marco	Tipo de ocorrência	Fatores de risco (mediadores)	Efeito operacional	Evidências (cód.)	Indicação (curto/médio prazo)
<i>Acessos rodoviários a Santos (retroárea/gates)</i>	SE – SP	Vias municipais de ligação porto↔hin terlândia	Roubos/furtos em baixa velocidade e paradas forçadas	Conflitos urbanos, janelas rígidas, PPDs ausentes	Escoltas, filas, <i>demurrage</i> indireta	FSI20; USI40; USI43	Pátios satélite e fila virtual, iluminação/CFTV no entorno, operações integradas porto–cidade
<i>BR-163 (MT–PA) – acesso a Miritituba</i>	CO/N – MT/PA	Segmentos de pico de safra	Roubos em movimento e em paradas ad hoc	Sazonalidade , trechos lentos, PPDs escassos	Quebra de janela, variância de tempo, custo de seguro	USI23; USI25; USI44	PPDs seguros por janela de 150–200 km, patrulhamento orientado a risco na safra
<i>Distribuição metropolitana (SE/S)</i>	SE/S – capitais	Anéis urbanos / Zonas de restrição	Furtos em última milha	<i>Time windows</i> restritivas, paradas não reguladas	Fragmentação de carga, rotas mais longas	USI28; USI33; FSI31	<i>Off-peak</i> com incentivos, zonas de carga/descarga dedicadas, API municipal de agendamento
<i>Hidrovias do Arco Norte (Tapajós/Madeira)</i>	N – PA/AM	Trechos de comboios e terminais fluviais	Pirataria/saques	Baixo patrulhamento, janelas estreitas (calado)	Restrição de operação noturna, escoltas	USI33; USI42; FSI45	Patrulhamento fluvial dirigido, balizamento/dragagem (aumentar janela), protocolos de comboio seguro
<i>Oleodutos / dutos de combustíveis</i>	SE (eixos urbanos)	Trechos com acessos não segregados	Vandalismo/derivações	Trechos expostos, vigilância limitada	Interrupções e perdas	USI42	Monitoramento contínuo (sensoriamento/pressão), cercamento e rondas integradas com forças públicas

Fonte: FDC (2025)

Nos acessos a Santos (SE–SP), a combinação de conflito urbano e janelas rígidas gera baixas velocidades e paradas previsíveis, ampliando a “janela de oportunidade” criminosa (Cohen & Felson, 1979) e exigindo escoltas (FSI20; USI40; USI43). Na BR-163 (MT–PA), a sazonalidade da safra concentra volumes em trechos já lentos, sem PPDs seguros suficientes, elevando prêmios de seguro e a variância de tempo (USI23; USI25; USI44). Em capitais do SE/S, regras de circulação/horário empurram entregas para janelas congestionadas ou paradas improvisadas, aumentando eventos em última milha e custo por entrega (USI28; USI33; FSI31). Em hidrovias do Arco Norte (Tapajós/Madeira), relatos de pirataria ocorrem onde patrulhamento é esparsa e janelas de navegabilidade são estreitas (USI33; USI42; FSI45). Por fim, dutos em eixos do Sudeste registram vandalismo/derivações em segmentos expostos (USI42).

O efeito econômico decorre em cascata: mais escoltas, prêmios de seguro maiores, restrição de rotas e de horários e, no limite, perda de disponibilidade de transporte (USI31; USI41; USI44). A literatura liga esses mecanismos a sobre custos logísticos e à erosão de confiabilidade — componentes que deterioram o “valor do tempo” do frete (Hummels & Schaur, 2013) e a competitividade dos fluxos (Clark et al., 2004). Em mercados com alto valor por unidade de tempo, pequenos acréscimos de risco e atraso propagam-se como “custo sombra” relevante.

A insuficiência de pontos de parada seguros (FSI31) e a necessidade de estacionar apenas em locais “pré-definidos” (USI28) sugerem uma dimensão crítica: a falta de infraestrutura de guarda (*secure truck parking*, iluminação, vigilância integrada) ao longo dos eixos. Estudos mostram que políticas de estacionamento seguro e vigilância estruturada reduzem significativamente a probabilidade de furto e os custos correlatos (Allen et al., 2019; Dablanc, 2007). Na nossa amostra, a resposta corporativa é defensiva e fragmentada (janelas restritas, rotas alternativas, fracionamento urbano — USI33), o que eleva quilômetros-vazios e custos unitários, exatamente como a literatura de logística urbana antecipa (Dablanc, 2007).

A governança setorial também aparece como entrave em acessos portuários: necessidade de reforço de policiamento, cercamento e integração com segurança pública (FSI20), e custos adicionais de escolta em ambientes urbanos mais críticos (USI40). Evidências consolidadas indicam que atrasos e ineficiências nos acessos portuários amplificam custos totais do comércio exterior (Clark et al., 2004), e os depoimentos apontam que a dimensão “segurança” já é parte desse diferencial.

Os relatos de “pirataria” em hidrovias do Norte (USI33; USI42; FSI45) e de vandalismo em dutos (USI42) expandem o problema para além do rodoviário. Pesquisas econômicas mostram que a criminalidade marítima/fluviais impõe custos expressivos por meio de seguros, desvio de rotas e medidas de proteção, afetando preços e prazos (Besley et al., 2015). Na prática, a nossa base registra respostas de mitigação semelhantes às do rodoviário (escolta, janelas, restrição de trechos), que reduzem a eficiência de modais menos emissivos e, portanto, travam parte do ganho socioambiental associado a multimodalidade — uma contradição que a literatura sobre risco de cadeia já vinha destacando (Tang, 2006; Baryannis et al., 2018). Diante do risco, as firmas internalizam custos de proteção e custos de reorganização:

- **Proteção:** contratação de escoltas (USI40; USI44), elevação de seguros (FSI31), tecnologias de rastreamento/redes de informação com forças de segurança (FSI20).
- **Reorganização:** restrição de janelas e rotas (FSI31; USI41), fracionamento e transbordos adicionais em última milha (USI33), replanejamento de turnos para evitar trechos noturnos (FSI31).

A literatura mostra que tais medidas aumentam resiliência de curto prazo, mas sacrificam eficiência estática e geram “rigidez” operacional (Jüttner et al., 2003; Tang, 2006). Em termos de política pública, o ponto

dominante é que **intervenções de base** (melhoria de infraestrutura, policiamento inteligente, *parking* seguro, coordenação porto-cidade) tendem a produzir ganhos líquidos maiores e mais perenes do que respostas atomizadas *firm-by-firm* (Clark et al., 2004; Dablanc, 2007).

A consolidação das ocorrências revela predominância de priorização Alta para “Roubos e Furtos: Rodovias”, mas com sinais relevantes também em Portos, Hidrovias e Oleodutos. Isso sugere priorizar:

1. **Corredores críticos** com combinação de lentidão e alta atratividade econômica (USI04; USI23; USI44), alinhado à lógica espaço-temporal da criminalidade (Cohen & Felson, 1979).
2. **Infraestrutura de apoio** (pontos de parada seguros) e integração de dados para policiamento orientado a risco (FSI31; USI28; FSI20).
3. **Acessos portuários** com medidas de segurança e fluidez (FSI20; USI40), em linha com evidências sobre custos de atraso portuário (Clark et al., 2004).
4. **Hidrovias/dutos** com patrulhamento e redundâncias operacionais (USI42; FSI45), mitigando o repasse de custo e o deslocamento modal indesejado (Besley et al., 2015).

Em síntese, os testemunhos — “piratas do asfalto” em trechos lentos (USI04), escalada de eventos (USI23), janelas restritas (FSI31), escoltas obrigatórias (USI40), insegurança em hidrovias do Norte (USI42) — compõem um quadro que dialoga fortemente com a fronteira acadêmica: risco de segurança não é ruído; é determinante estrutural de custo, confiabilidade e de escolhas modais. Políticas focadas em infraestrutura segura, coordenação interagências e gestão do risco baseada em evidências são coerentes com a literatura de ponta e com as prioridades expressas pelo setor.

Conclusão da Discussão dos Gargalos

Os resultados evidenciam que os gargalos não são fenômenos isolados, mas um sistema de fricções interdependentes que se reforçam: (i) déficits de infraestrutura física (rodovias, ferrovias, hidrovias, acessos portuários e infraestrutura de apoio), (ii) falhas institucionais-processuais (complexidade regulatória, morosidade de licenças, insegurança jurídica e baixa digitalização), (iii) risco à segurança ao longo dos corredores, e (iv) restrições de mão de obra (motoristas, profissionais marítimos e gestores aeroportuários). Em conjunto, essas frentes aumentam tempo e variância dos fluxos, elevam custos diretos (frete, seguro, manutenção) e indiretos (estoques, perda de confiabilidade) e restringem a adoção de modais mais eficientes.

Três mecanismos dominam: (a) tempo como barreira — atrasos e imprevisibilidade funcionam como um “imposto”, ou como “custo Brasil” sobre a logística; (b) desintegração modal — ausência de conexões e governança multimodal converte vantagens potenciais em custos; (c) risco operacional — roubos, vandalismo e pirataria induzem respostas defensivas (escoltas, janelas, rotas mais longas) que corroem produtividade. Esses mecanismos aparecem com priorização predominantemente alta nas entrevistas e são mais agudos em corredores do Norte/Nordeste e em grandes áreas metropolitanas.

As implicações são claras. No curto prazo, políticas focadas em corredores críticos — p.ex., BR-163 (MT–PA, acesso a Miritituba) para manutenção/duplicações e rede de PPDs; acessos rodoviários e urbanos a Santos (SE–SP) para fluidez porto-cidade; e eixos de ligação a Itajaí/Paranaguá (S) para retroárea/contornos —, digitalização ponta a ponta (eliminação de canchotos físicos, interoperabilidade com Sefaz/Receita/ANTT) e

policciamento orientado a risco trazem ganhos rápidos de confiabilidade. No médio prazo, a agenda exige reforma procedimental do licenciamento com prazos vinculantes e checklists, fortalecimento regulatório (autonomia e enforcement de obrigações de investimento em concessões) e planejamento de Estado que reequilibre a matriz com projetos ferroviários e hidroviários economicamente viáveis — incluindo acessos ferroviários a portos do SE/S e janelas ampliadas nas hidrovias do Arco Norte (Tapajós/Madeira). Em paralelo, programas de formação (motoristas, marítimos e gestores) reduzem o hiato de capacidade humana.

Este capítulo ofereceu a síntese diagnóstica e uma hierarquia inicial de prioridades. Nos próximos capítulos, aprofundaremos cada subcategoria com evidências adicionais, estimativas de impacto (tempo–custo–emissões) e análise de custo-benefício, culminando em uma carteira de intervenções por corredor e por modal, acompanhada de roadmaps regulatórios e de governança para viabilização. Em outras palavras: passamos do “onde dói” para “o que fazer, onde e em que ordem”.

DISCUSSÃO DAS SOLUÇÕES

Este capítulo organiza e interpreta o conjunto de soluções sugeridas pelos entrevistados, conectando-as ao diagnóstico de gargalos feito anteriormente e à lógica de execução em corredores e cadeias. O material analisado reúne 306 registros e revela uma pauta que, longe de ser uma lista de iniciativas isoladas, se configura como um pacote institucional com efeitos complementares: investimentos e concessões para ampliar capacidade e nível de serviço; regulação e licenciamento para reduzir incerteza e encurtar ciclos; digitalização para cortar custos de transação e dar previsibilidade; políticas de mão de obra para sustentar a capacidade efetiva; e instrumentos financeiros e de incentivo para fechar a conta onde o retorno privado, sozinho, não basta. A distribuição das menções confere densidade a “Infraestrutura” (85), “Inovação, Tecnologia e Digitalização” (46), “Regulação e Simplificação” (41), “Plano de Estado” (37) e “Multimodalidade” (27), enquanto “Concessões”, ainda que apareçam explicitamente em 14 entradas, transbordam para várias outras categorias como mecanismo viabilizador de investimentos, aceleração de obras e aumento de eficiência contratual.

A partir desse quadro, propomos ler as soluções por encadeamentos. Primeiro, a ancoragem institucional: um Plano de Estado que orienta a execução, estabiliza prioridades, coordena atores e define métricas; uma agenda de Regulação e Simplificação que torna previsíveis o licenciamento, a fiscalização e os processos administrativos; e um desenho contratual de Concessões/PPPs orientado a desempenho e alocação realista de riscos. Em seguida, as alavancas físicas e operacionais: Infraestrutura para remover gargalos dentro dos ativos (p.ex., duplicação, dragagem, berços, pátios, sinalização) e nas interfaces entre ativos (p.ex., acessos portuários/ferroviários, *dry ports*, contornos urbanos, janelas e sistemas integrados); Multimodalidade para organizar fluxos por corredores e interfaces; e Inovação/Digitalização para dar visibilidade, reduzir variância e viabilizar pagamentos por desempenho.

Na sequência, Multimodalidade para organizar fluxos por corredores e interfaces; e Inovação/Digitalização para dar visibilidade, reduzir variância e viabilizar pagamentos por desempenho. Sustentando o conjunto, duas camadas transversais: Financiamentos e Investimentos de longo prazo, que destravam projetos e reduzem custo de capital, e Mão de Obra, sem a qual a capacidade instalada não se converte em capacidade entregue. Por fim, Segurança e Sustentabilidade funcionam como condicionantes de competitividade: reduzem perdas, riscos e emissões, e ampliam a aceitabilidade social e econômica das intervenções.

A contribuição específica das entrevistas está em amarrar velocidade de execução a condições sistêmicas. Obras sem governança, contratos sem fiscalização inteligente, tecnologia sem dados e sem mão de obra qualificada, ou crédito sem *pipeline* e sem projetos bancáveis tendem a produzir pouco efeito líquido. O que emerge é a organização de um roteiro de implementação em que decisões são sequenciadas e integradas: preparar projetos, estabilizar regras e contratos, atacar gargalos físicos e de interface, digitalizar processos críticos, formar e reter equipes, e, então, escalar instrumentos financeiros e incentivos onde houver adicionalidade comprovada. Essa leitura aumenta a plausibilidade de entrega, ao deslocar o foco do anúncio para a exequibilidade.

É por isso que o capítulo se inicia por Concessões. Além de constituírem uma “janela de oportunidade” percebida para acelerar investimentos e elevar desempenho, as concessões conectam diretamente os demais eixos — dependem de regulação e licenciamento previsíveis, conversam com planos de corredor e multimodalidade, exigem digitalização para medir resultados e repousam sobre disponibilidade de capital humano. Nas seções seguintes, apresentamos cada eixo com sua lógica de mecanismo, evidências e implicações de execução, mantendo o vínculo com o diagnóstico de gargalos e com as métricas que permitirão monitorar resultados.

Soluções: Concessões

A consolidação das propostas de soluções nesta rodada revela um padrão coerente com o que a literatura especializada espera de agendas de transformação logística em contextos federativos complexos: um combo de alavancas institucionais (concessões, PPPs, regulação e licenciamento), mudanças de base infraestrutural e modal (rodovias, ferrovias, hidrovias e arranjos intermodais), digitalização de processos e políticas de formação de mão de obra. No conjunto de 306 registros da planilha, observa-se maior densidade em “Infraestrutura” (85), “Inovação, Tecnologia e Digitalização” (46), “Regulação e Simplificação” (41), “Plano de Estado” (37) e “Multimodalidade” (27). Embora “Concessões” apareça explicitamente em 14 entradas, a pauta concessão/PPPs transborda para outras categorias — frequentemente como mecanismo viabilizador de investimentos, aceleração de obras e melhoria de desempenho contratual.

Foi possível observar nas entrevistas, como “janela de oportunidade” para acelerar investimentos e elevar desempenho — “o programa de concessões [...] é uma saída, é uma janela de oportunidade” (USI01); “os portos concedidos são mais eficientes do que os públicos” (FSI13); “concessão [...] mais rápida” em hidrovias (FSI45) com horizonte “de curtíssimo prazo” (USI42). A literatura dá suporte a essa intuição: quando a alocação de riscos e os incentivos contratuais são bem desenhados, PPPs/concessões tendem a produzir ganhos de eficiência, disciplina de investimento e foco em resultados (Engel, Fischer & Galetovic, 2014). Ao mesmo tempo, o alerta dos entrevistados sobre “controle e regulação adequada” (FSI45) é coerente com a evidência de alta incidência de renegociações em concessões latino-americanas quando projetos são mal preparados ou a capacidade regulatória é limitada (Guasch et al., 2008).

Em rodovias, a expansão/qualificação de concessões é associada à elevação do nível de serviço (“trazer qualidade, porque o governo não tem conseguido manter”, USI05) e à execução de obras previstas (“exigir encurtar [...] o prazo pra mais cedo”, USI25). Em portos, a busca por contratos mais robustos e arrendamentos dialoga com a noção de regionalização portuária, na qual a governança extrapola o cais e se organiza por corredores e hinterlândias, exigindo métricas end-to-end e coordenação de interfaces (Notteboom & Rodrigue, 2005). Esse enquadramento ajuda a explicar por que entrevistados percebem ativos

concedidos como relativamente mais eficientes: a integração porto–retroárea–corredores é, em si, um resultado de desenho institucional e contratual (não apenas de CAPEX).

O segundo bloco de propostas repousa sobre regulação e licenciamento. A crítica recorrente — “muito burocrático, demora demais” (USI05); “lento [...] atrasa projetos importantes” (USI09; FSI11) — é consistente com as diretrizes internacionais de governança de infraestrutura, que recomendam preparação de projetos, processos faseados com prazos mandatórios, coordenação interinstitucional e monitoramento por desempenho para atrair capital privado e reduzir incerteza (OECD, 2023). Em síntese, a literatura sugere que ganhos de prazo advêm tanto de engenharia processual (licenciamento por fases, checklists, gestão de risco) quanto de engenharia contratual (metas de entrega e cláusulas de reequilíbrio transparentes) — exatamente os pontos enfatizados nas entrevistas.

No âmbito de concessões, as contribuições convergiram para internalizar a multimodalidade no desenho contratual, em vez de tratá-la como política paralela. As falas “investir em ferrovia e hidrovía” (USI04), “a multimodalidade precisa ser incentivada” (USI05) e “conectar a hidrovía com a ferrovia, com a rodovia” (FSI08) foram interpretadas como obrigações e incentivos contratuais: *works* de acesso intermodal (última milha ferroviária/hidroviária), janelas/*slots* contratualizados nas interfaces porto↔ferrovia, KPIs de transbordo/*turnaround* e condicionalidades de CAPEX para pátios/*dry ports* e acessos urbanos. A literatura de concessões e intermodalidade indica que corredores estruturados por contratos orientados a desempenho capturam sinergias de rede e reduzem custos de coordenação (Bontekoning, Macharis & Trip, 2004; Macharis & Bontekoning, 2004). Em paralelo, cláusulas pro-ferrovia/hidrovía são consistentes com metas de sustentabilidade (IEA, 2019), desde que haja alocação realista de riscos de demanda e pagamentos por desempenho que remunerem a disponibilidade efetiva da interface (não só a obra).

Transversalmente, emerge a agenda de digitalização e simplificação. As falas criticam “paperless” ainda incompleto, integrações falhas e duplicidade documental (“tripa de papel”, FSI02; “um sistema integrado e digital...”, USI04). Padrões internacionais como a Recomendação nº 33 da UNECE (*Single Window*) e estudos sobre transformação digital em portos mostram que sistemas integrados de autorização, fiscalização e medição de performance reduzem custos de transação, aumentam transparência e viabilizam regulação responsiva e pagamentos por desempenho em concessões/PPPs — desde que haja governança de dados, APIs e indicadores bem definidos (UNECE, 2020; Heilig et al., 2017; ver também os indicadores de governança de infraestrutura da OECD).

Tabela 42: Soluções - Concessões

Subcategoria	Descrição breve da subcategoria	Prazo para Implementação	Nº de citações
<i>Concessões Rodoviárias</i>	Ampliação e qualificação de concessões de rodovias (novos lotes, duplicações, revisão tarifária) para elevar capacidade e nível de serviço.	médio	11
<i>Modelagem e Regulação de Concessões</i>	Aprimorar modelagens, prazos e cláusulas contratuais (flexibilização, reequilíbrio, destinação de outorga) para alinhar incentivos e acelerar entregas.	curto	7

<i>Concessões Ferroviárias</i>	Prorrogações e novas concessões ferroviárias, com cláusulas de investimento e metas de desempenho, para expandir a malha e reduzir custos.	longo	6
<i>Concessões Portuárias</i>	Arrendamentos e governança contratual em portos (CAPs, leilões, dragagem vinculada) para aumentar eficiência e competição.	médio	5
<i>Concessões Hidroviárias</i>	Concessão de serviços e trechos hidroviários (dragagem, balizamento, eclusas) para garantir navegabilidade contínua e previsível.	médio	4
<i>PPPs de Infraestrutura</i>	Uso de parcerias público-privadas para viabilizar projetos logísticos multimodais e acelerar investimentos com adequada alocação de riscos.	médio	4

Fonte: FDC (2025)

As entrevistas apontam escassez e condições de trabalho como limitantes operacionais (USI23; USI24; FSI02). No âmbito contratual, essa agenda entra como obrigações de serviço e incentivos: (i) entrega e operação de PPDs certificados (pontos de parada e descanso com sanitários, iluminação, CFTV, segurança) em eixos concedidos, com KPIs de disponibilidade/segurança; (ii) cláusulas de capacitação (metas de horas/ano e turmas) em parceria com SEST/SENAT/SENAI/ETECs e fundos setoriais, incluindo bolsas para formação e reciclagem; (iii) em arrendamentos portuários, programas STCW e trilhas para oficiais de convés/máquinas, com metas de certificação e indicadores de retenção; (iv) bônus/penalidades vinculados a redução de acidentes e incidentes de segurança por milhão de veículos-km nas rodovias concedidas; (v) cláusulas de aprendizagem (cotas de aprendizes/estagiários) e conteúdos obrigatórios de segurança operacional e digital (agendamento, HOS, documentação eletrônica). Esses mecanismos alinham o contrato à eficiência operacional (redução de variância de tempo e sinistralidade) e à sustentabilidade social, sem deslocar o tema para políticas soltas fora do arranjo de Concessões/PPPs.

Do ponto de vista interpretativo, a contribuição central das entrevistas é amarrar velocidade de execução a um pacote de condições sistêmicas: contratos bem desenhados (incentivos e métricas críveis), regulação com capacidade de supervisão, *permitting* previsível, integração modal e capital humano. A literatura de PPPs/concessões é explícita: sem arcabouço contratual e regulatório robusto, aumentam a incidência de renegociações, a transferência ineficiente de riscos e os resultados subótimos (Engel et al., 2013; Guasch et al., 2008; OECD, 2020, 2023). Nessa direção, as falas que pedem “flexibilização contratual” e “melhoria da regulação” (FSI14) são consistentes com metas por nível de serviço, gatilhos de reequilíbrio explícitos e matrizes de risco aderentes à engenharia dos ativos e à capacidade do regulador (OECD, 2023).

Já as propostas de multimodalidade e digitalização sugerem que ganhos de eficiência *end-to-end* dependem de instrumentos de coordenação além do ativo isolado: contratos e governança de corredor, cláusulas de interoperabilidade e plataformas informacionais que conectam agentes. A literatura sobre regionalização portuária e intermodalidade demonstra que interfaces e terminais são pontos de criação (ou perda) de valor e que sinergias de rede emergem quando há coordenação contratual e operacional ao longo do corredor (Notteboom & Rodrigue, 2005; Bontekoning et al., 2004). Em paralelo, padrões como a Janela Única (UN/CEFACT Rec. 33) e a transformação digital em portos mostram que sistemas integrados de autorização/fiscalização e métricas de performance reduzem custos de transação, aumentam transparência e viabilizam pagamentos por desempenho em PPPs (UNECE, 2020; Heilig et al., 2017).

Em suma, os achados indicam que as soluções propostas pelos entrevistados são coerentes com a fronteira do conhecimento: concessões/PPPs como aceleradores, condicionadas à governança e desenho contratual; *streamlining* regulatório para encurtar ciclos; multimodalidade para eficiência e sustentabilidade; digitalização para reduzir custos de transação; e capital humano como base de viabilidade. Esses elementos são mutuamente reforçadores — concessões bem estruturadas exigem licenciamento previsível, operam melhor em redes intermodais integradas e dependem de dados e pessoas qualificadas para entregar resultado — e a literatura alerta para atalhos que comprimem prazos à custa de riscos futuros, reforçando a necessidade de contratos claros, monitoráveis e exequíveis por reguladores com capacidade real (Engel et al., 2014; Guasch et al., 2008; OECD, 2023; European Commission, 2019; IRU, 2023).

Soluções: Financiamentos e Investimentos

A pauta de Financiamentos e Investimentos foi categorizada como eixo estruturante das soluções propostas, em três frentes complementares: reforço do investimento público direto, uso estratégico de PPPs/concessões para alavancar capital privado e ampliação de linhas públicas de crédito de longo prazo. A distribuição dos registros indica predominância do investimento público direto, seguido por PPPs/concessões e, em menor volume, por instrumentos de crédito. Essa hierarquia sugere que, para os entrevistados, a aceleração de obras e a expansão de capacidade ainda dependem, em grande medida, do papel orçamentário do Estado, mas com crescente espaço para arranjos contratuais e financeiros que atraiam investidores.

No investimento público direto, as falas convergem para a necessidade de previsibilidade, planejamento plurianual e continuidade de carteiras. Os relatos sublinham o papel do orçamento como gatilho de obras estruturantes — “precisa de um aumento de investimento público” (USI01) — e a importância de blindar prioridades contra discontinuidades políticas — “todo governo muda a prioridade e aí não se conclui nada” (USI04). A literatura de governança de infraestrutura reforça esse ponto: sem pipeline estável, preparação de projetos e coordenação interinstitucional, a execução degrada e o custo de capital implícito aumenta. Diretrizes internacionais enfatizam processos de seleção e priorização com métricas claras de valor público, além de mecanismos de monitoramento e accountability ao longo do ciclo de vida do ativo (OECD, 2020; OECD, 2023). Há, portanto, consonância entre a percepção empírica e as melhores práticas: investimento público é condição necessária, mas sua efetividade depende de governança, priorização e gestão por resultados.

As PPPs e concessões aparecem como “janela de oportunidade” para acelerar entregas e destravar investimentos privados, mas com um alerta inequívoco para desenho contratual e capacidade regulatória. Os depoimentos destacam a função de complementaridade do privado — “a concessão é uma forma de destravar investimentos que o governo não consegue fazer sozinho” (FSI15) — e pedem cláusulas de desempenho e previsibilidade de reequilíbrio. A literatura corrobora: PPPs podem melhorar eficiência alocativa quando a alocação de riscos é factível, mensurável e contratualmente observável, com pagamentos atrelados a desempenho e governança de renegociações (Engel et al., 2013). Ao mesmo tempo, evidências latino-americanas mostram alta incidência de renegociações quando projetos são mal preparados ou quando a regulação carece de capacidade técnica (Guasch et al., 2008). A fala que defende transformar outorgas em verbas contratuais para reinvestimento setorial (FSI14) ecoa recomendações recentes de vincular receitas a metas de qualidade e disponibilidade, fortalecendo o nexo entre contrato e resultado.

No vetor de linhas públicas de crédito, os entrevistados focam condições de financiamento estáveis e acessíveis, inclusive com a possibilidade de acoplar critérios climáticos — “ferrovia [...] não faz parte do fundo do clima”, ainda que emita menos que o rodoviário (FSI14) — e de prover “linhas de crédito acessíveis e duradouras” para infraestrutura (USI42). Em nível micro, há menções a crédito para renovação de frota diante de restrições de acesso (“não consegue comprar um caminhão novo, não tem acesso a crédito”, USI44). A literatura de *project finance* e de bancos de desenvolvimento indica que a disponibilidade de *funding* de longo prazo, combinada a instrumentos de mitigação de risco (garantias, subordinadas, *blending*), reduz o custo de capital, alonga prazos e viabiliza projetos com perfis de caixa típicos de infraestrutura (Gatti, 2018; Inderst, 2013). O diálogo entre evidência e teoria sugere que linhas públicas são mais eficazes quando ancoradas em critérios de adicionalidade, direcionadas a falhas de mercado claras (prazo, risco, moeda) e articuladas com contratos que assegurem geração de caixa e mensuração de performance.

Tabela 43: Soluções - Financiamentos e Investimentos

<i>Subcategoria</i>	<i>Descrição breve da subcategoria</i>	<i>Prazo para Implementação</i>	<i>Nº de citações</i>
<i>Investimento Público Direto</i>	Alocação orçamentária e execução de obras e melhorias de transporte (duplicações, dragagem/derrocamento, modernizações) para expandir capacidade e reduzir gargalos.	longo	44
<i>PPPs e Concessões para Investir</i>	Uso de PPPs/concessões para mobilizar capital privado e acelerar obras, com contratos orientados a desempenho e mecanismos de reequilíbrio previsíveis.	médio	16
<i>Linhas de Crédito Públicas</i>	Criação ou expansão de linhas de crédito e instrumentos públicos (p. ex., bancos de fomento) para financiar projetos e ativos logísticos, reduzindo custo de capital.	curto	5

Fonte: FDC (2025)

Transversalmente, os achados indicam que financiamento e execução caminham juntos: orçamento sem governança tende a dispersar recursos; PPPs sem contratos robustos aumentam a probabilidade de renegociações, e crédito sem *pipeline* e sem projetos bancáveis não traciona (USI01; USI04; FSI14; FSI15; USI42; USI44). A literatura sustenta esse “pacote institucional”: planejamento de longo prazo, capacidade regulatória, preparação de projetos, contratos por nível de serviço e instrumentos financeiros de prazo estendido são complementares e mutuamente reforçadores. As Recomendações da OECD para a governança de infraestrutura e seus indicadores associados enfatizam visão estratégica de longo prazo, priorização transparente, preparação rigorosa e monitoramento de desempenho ao longo do ciclo de vida — condições que ancoram tanto o gasto orçamentário quanto o investimento privado.

As entrevistas descrevem bem essa interdependência: financiamento público como gatilho de obras estruturantes (USI01; USI04), concessões/PPPs para acelerar e escalar entregas quando há mensuração de desempenho e previsibilidade (FSI14; FSI15), e linhas de crédito para viabilizar ativos públicos e privados com externalidades positivas (incluindo climáticas) (FSI14; USI42; USI44). A evidência internacional é consistente: PPPs tendem a entregar ganhos de eficiência quando a alocação de riscos é factível e observável, os pagamentos se vinculam a desempenho e há governança para renegociações; na ausência disso, a incidência

de aditivos e reequilíbrios oportunistas aumenta (Engel et al., 2013; Guasch et al., 2008; Yescombe & Farquharson, 2018; World Bank et al., 2017).

Do lado financeiro, projetos bancáveis dependem de preparação sólida e de um *pipeline* previsível: guias do *GI Hub* e do Banco Mundial mostram que práticas de *project preparation* — estudos de viabilidade, estruturação contratual e modelagem de riscos — elevam a qualidade e a financiabilidade, reduzindo custo de capital e prazos de fechamento (GI Hub, 2019; World Bank et al., 2017). Em paralelo, a literatura de *project finance* e o debate sobre o papel de investidores institucionais apontam que instrumentos de longo prazo (*project finance*, debêntures, *green/sustainability bonds*) ampliam o leque de *funding* quando há governança e métricas críveis; *frameworks* como os Green Bond Principles ajudam a direcionar crédito para ativos com benefícios ambientais mensuráveis, reforçando a lógica de alinhar financiamento a externalidades positivas.

Em síntese, há coerência entre o que os entrevistados descrevem e a fronteira conceitual: (i) orçamentos ancorados em governança e priorização; (ii) PPPs com contratos por nível de serviço e regras de reequilíbrio explícitas; (iii) *pipelines* e *project preparation* para gerar projetos bancáveis; e (iv) instrumentos financeiros de prazo estendido (inclusive verdes) para fechar a conta. Implementado com disciplina e métricas claras, esse pacote institucional aumenta a probabilidade de reduzir gargalos de forma sustentável.

Soluções: Incentivos

A categoria Incentivos se apresenta como um arranjo de políticas e instrumentos econômico-regulatórios desenhados para tornar projetos e operações logísticas viáveis quando o equilíbrio privado, isoladamente, não fecha. Nas falas, esse papel aparece de forma transversal, mas com quatro recortes que se articulam: incentivos de caráter geral para “fechar a conta” de investimentos (USI01; FSI13/FSI16), estímulos à multimodalidade (USI01; USI04), incentivos fiscais voltados a reduzir custos e simplificar regras (USI04; USI05; USI30; USI33) e medidas específicas para a cabotagem, com destaque para a tributação do *bunker* e um programa nacional de estímulo (FSI02; FSI06). Em síntese, as entrevistas descrevem um pacote de incentivos com lógica sistêmica: reduzir custo total de transporte, mitigar riscos de investimento, induzir *shift modal* para ferrovia e hidrovias quando economicamente e operacionalmente factível e, por fim, dar previsibilidade para que decisões privadas acompanhem metas públicas.

A subcategoria Incentivos Gerais concentra a intuição de que há projetos com externalidades positivas (descongestionamento, segurança, redução de emissões, conectividade regional) cujo retorno privado é insuficiente sem estímulo: “os investimentos em portos precisam de incentivos, porque a conta muitas vezes não fecha” (FSI13/FSI16). Esse diagnóstico dialoga com a literatura de políticas públicas para infraestrutura de transporte, que recomenda o uso criterioso de instrumentos de apoio quando se comprovam falhas de mercado — prazos longos, riscos específicos de construção e demanda, indivisibilidades de capital e benefícios difusos — e quando há desenho de contrapartidas e métricas de desempenho para evitar efeitos de “deadweight” (OECD, 2020; OECD, 2023). Em termos de mecanismos, a coerência entre entrevistas e literatura está em atrelar incentivos a metas observáveis (nível de serviço, disponibilidade, segurança), com monitoramento ao longo do ciclo do ativo, mitigando o risco de subsídios permanentes sem ganho social mensurável.

No eixo Incentivo à Multimodalidade, as falas enfatizam que estimular o uso de ferrovia e hidrovias requer sinais econômicos e operacionais claros: “a multimodalidade precisa ser incentivada” (USI05); “política para

incentivar o uso da cabotagem [...] menos acidente, menos gasto com manutenção de rodovia” (FSI02). A literatura de logística e transporte aponta que, em corredores com massa crítica e terminais funcionais, incentivos temporários e bem desenhados podem acelerar a coordenação entre agentes (operadores, terminais, embarcadores), reduzir custos de transbordo, incentivar contratos de longo prazo e viabilizar ganhos de rede (Rodrigue et al., 2017). Contudo, ela adverte que o incentivo, por si, não substitui capacidade física, confiabilidade e governança: sem janelas, berços, pátios e interoperabilidade regulatória, o estímulo econômico encontra um teto baixo de conversão. Nesse sentido, a convergência com os achados de “Infraestrutura” e “Regulação e Simplificação” de outras seções do estudo reforça o caráter complementar dos incentivos.

Em Incentivos Fiscais, os entrevistados são explícitos ao ligar competitividade a tributos sobre insumos e operações: “o transporte é muito onerado com impostos. Isso precisa ser revisto” (USI04); “o preço do diesel é muito alto [...] principalmente por conta da carga tributária” (USI05); “a carga tributária e a complexidade das regras precisam ser revistas” (USI30), com menções também à necessidade de integração e simplificação (USI33). A literatura fiscal aplicada ao transporte e à energia mostra que estruturas tributárias podem distorcer escolhas tecnológicas e modais ao criar diferenciais artificiais de custo, além de gerar custos de transação que penalizam cadeias mais longas e operações multimodais (OECD, 2019). Ao mesmo tempo, recomenda-se cautela: não se trata de “desonerar por desonerar”, mas de alinhar a tributação aos custos externos e aos objetivos de política (por exemplo, emissões, segurança, desgaste de vias), evitando subsídios cruzados que reforcem *lock-ins* de menor eficiência sistêmica (McKinnon, 2018). A fala dos entrevistados, ao enfatizar redução de carga sobre insumos críticos e simplificação, é consistente com uma agenda de neutralidade tecnológica e modal, desde que vinculada a metas e a revisões periódicas de efetividade.

A subcategoria Incentivos à Cabotagem ilustra bem a interdependência entre estrutura tributária, custo operacional e competitividade modal. Os relatos apontam a tributação do *bunker* e a ausência de um programa contínuo de estímulo como barreiras à escala do modal: “o bunker na cabotagem paga ICMS e isso encarece muito a operação” (FSI06); “política clara de incentivo à cabotagem” (FSI06); além de “redução do ICMS sobre combustível marítimo” (FSI02). Do ponto de vista econômico, o combustível é uma parcela relevante do custo de operação marítima, e assimetrias tributárias afetam diretamente o frete, a frequência e a viabilidade de novas rotas; a literatura marítima clássica sustenta esse mecanismo ao decompor a estrutura de custos de armadores e o papel de combustíveis e taxas portuárias (Stopford, 2009). A implicação prática é que incentivos à cabotagem — fiscais ou paramétricos — são mais eficazes quando combinados a agenda portuária (acessos, berços, janelas) e regulatória (simplificação do tratamento documental, interoperabilidade com o terrestre), reduzindo simultaneamente custo e atrito operacional.

Tabela 44: Soluções - Incentivos

Subcategoria	Descrição breve da subcategoria	Prazo para Implementação	Nº de citações
<i>Incentivos Gerais</i>	Programas e mecanismos de estímulo econômico para viabilizar projetos e operações logísticas quando a conta não fecha sem apoio público.	médio	17
<i>Incentivos à Multimodalidade</i>	Estímulos para transferência de cargas à ferrovia/hidrovia e para soluções integradas (p. ex.,	médio	14

	incentivos ao embarcador e a corredores multimodais).		
<i>Incentivos Fiscais</i>	Redução/ajuste de tributos e regimes especiais (ICMS, PIS/COFINS, IPI etc.) para diminuir custos logísticos e tornar projetos viáveis.	médio	7
<i>Incentivos à Cabotagem</i>	Medidas específicas para cabotagem (p. ex., revisão do ICMS sobre <i>bunker</i> e programas dedicados) para aumentar competitividade do modal.	médio	4

Fonte: FDC (2025)

Vale notar, por fim, que emerge nas entrevistas uma tensão natural entre prazo e efeito estrutural. Incentivos fiscais e programas setoriais podem ter implementação mais rápida (curto/médio prazo), mas seu impacto depende de condições materiais e contratuais em outros eixos (infraestrutura, concessões, licenciamento). O risco, como alerta a literatura, é usar incentivos como “substituto” para preparar projetos, alinhar contratos e melhorar governança; a evidência comparada sugere que a eficácia de incentivos aumenta justamente quando eles são complementares: empurram a demanda para onde há capacidade, cobrem riscos temporários de coordenação, e saem de cena quando as condições estruturais passam a sustentar o equilíbrio privado (OECD, 2020; McKinnon, 2018). O conjunto de falas analisado nesta categoria, portanto, é coerente com uma visão moderna de política pública: incentivos como ponte para resultados verificáveis, e não como fim em si mesmos.

Soluções: Infraestrutura

A categoria Infraestrutura concentra propostas que atacam gargalos físicos de capacidade, confiabilidade e integração em nós e corredores. O núcleo das sugestões percorre três linhas complementares: (i) adequações e ampliações em ativos existentes (rodovias, ferrovias, hidrovias e portos), (ii) obras de integração entre modais e acessos a terminais, e (iii) intervenções portuárias-hidroviárias (dragagem, derrocamentos, bacias de evolução e canais). O conjunto sugere uma visão sistêmica: atuamos no ativo — intervenções dentro do próprio ativo (p.ex., duplicação e correções geométricas em rodovias; cruzamentos/CTC em ferrovias; dragagem/derrocamento/bacias de evolução em hidrovias/portos) — e entre ativos — intervenções de interface (p.ex., acessos rodoviários/ferroviários a portos, pátios/triagens e fila virtual, contornos urbanos, contratos de janela/*slots* e sistemas de agendamento). Tratar as duas frentes em conjunto é o que transforma obras isoladas em ganhos efetivos de tempo e confiabilidade no corredor.

No sistema rodoviário, os entrevistados combinam manutenção pesada e correções geométricas com ampliações mais estruturais. Há percepção de atraso histórico em duplicações e melhorias de corredores troncais: “as rodovias foram criadas na década de 70 e precisam ser duplicadas” (USI12); “a 116, e tantas outras, deveriam estar duplicadas” (USI04). As propostas de adequação de rodovias (recuperação, alargamentos, correções) e de duplicações apontam para ganhos rápidos de confiabilidade e segurança, coerentes com evidências de que tempos e variabilidade de viagem pesam fortemente no custo logístico. A literatura, porém, alerta para o risco de demanda induzida quando ampliações são feitas sem contrapartidas

de gestão de demanda e de reequilíbrio modal (Duranton & Turner, 2011), reforçando a importância de acoplar investimentos a políticas de intermodalidade e a melhorias de segurança viária (Elvik et al., 2009).

Tabela 45: Soluções - Infraestrutura

<i>Subcategoria</i>	<i>Descrição breve da subcategoria</i>	<i>Prazo para Implementação</i>	<i>Nº de citações</i>
<i>Adequação de Rodovias</i>	Reforço e melhoria de rodovias existentes (recuperação, alargamentos pontuais, correções geométricas) para elevar capacidade e confiabilidade.	médio	68
<i>Adequação Portuária</i>	Intervenções em infraestrutura portuária existente (pátios, acessos internos, utilities) para ganhos de eficiência e fluxo.	médio	25
<i>Adequação Ferroviária</i>	Melhorias de via permanente e pátios, cruzamentos e sinalização para ampliar capacidade operacional e reduzir conflitos.	médio	19
<i>Dragagem e Calado</i>	Campanhas de dragagem e manutenção/ganho de calado em portos e vias navegáveis para permitir navios maiores e reduzir tempos.	médio	13
<i>Integração Multimodal (Obras)</i>	Obras físicas para conectar modais (entroncamentos, retroáreas, facilidades de transbordo) e otimizar corredores logísticos.	médio	11
<i>Adequação Hidroviária</i>	Melhorias em trechos navegáveis (sinalização, manutenção de canais) para elevar previsibilidade e janelas operacionais.	médio	10
<i>Modernização/Expansão de Terminais</i>	Ampliação e modernização de terminais (novos berços/equipamentos/retroáreas) para aumentar capacidade e produtividade.	longo	10
<i>Integração Porto-Ferrovia</i>	Eliminação de gargalos entre pátios/berços e malha ferroviária, com conexões dedicadas e melhorias de acesso.	médio	8
<i>Duplicação de Rodovias</i>	Duplicações e ampliações significativas de capacidade em corredores críticos para reduzir acidentes e tempos de viagem.	longo	8
<i>Acessos aos Portos (Rod./Ferr.)</i>	Melhorias dos acessos externos rodoviários e ferroviários aos portos para reduzir filas e aumentar a fluidez.	médio	4
<i>Pontos de Parada de Caminhoneiros</i>	Implantação/expansão de pontos de descanso com serviços e segurança para motoristas em eixos troncais.	médio	4
<i>Derrocamentos e Bacias de Evolução</i>	Remoção de afloramentos rochosos e ampliação de bacias para manobra segura de embarcações e continuidade operacional.	longo	4

Fonte: FDC (2025)

Em portos e hidrovias, sobressaem três frentes: dragagem e ganho/manutenção de calado, derrocamentos e bacias de evolução e modernização/expansão de terminais. A agenda de dragagem e derrocamentos é apresentada como condição para continuidade operacional e acesso de embarcações maiores: “alargamento do canal de acesso” (FSI03); “derrocamento [...] grandes obras necessárias” (FSI08). Em termos econômicos, maior calado e melhores condições de manobra tendem a reduzir tempos de espera, permitir navios mais eficientes e mitigar riscos operacionais; a literatura portuária reconhece esses efeitos como pré-condições para capturar economias de escala e reforçar a atratividade do porto na rede (Stopford, 2009). Já a modernização/expansão de terminais busca ganhos de produtividade “dentro da cerca”, enquanto os acessos aos portos (rodoviários/ferroviários) tratam o “lado de fora”, reduzindo filas e variabilidade de chegada. Esse acoplamento “dentro–fora” é central na noção de regionalização portuária, em que o desempenho do terminal depende de sua integração com o hinterlândia e de conexões terrestres confiáveis (Notteboom & Rodrigue, 2005).

As falas sobre integração porto–ferrovia e obras de integração multimodal reforçam a necessidade de organizar a logística por corredores: “a ferrovia só vai fazer sentido se tiver integração com os portos” (FSI10); “não adianta ter porto eficiente se a carga não chega lá. Precisamos de corredores multimodais” (FSI32). A literatura sobre intermodalidade indica que, quando há massa crítica, interfaces eficientes de transbordo e contratos de longo prazo entre atores, os custos de coordenação caem e o “efeito rede” se materializa (Bontekoning et al., 2004; Rodrigue et al., 2017). Isso ajuda a resolver a tensão clássica entre ampliar capacidade “de cada ativo” e garantir que o sistema entregue tempo e confiabilidade end-to-end.

No componente hidroviário, além da dragagem, surgem balizamento/eclusas e derrocamentos como medidas para estabilizar janelas operacionais e reduzir interrupções sazonais. O racional técnico-econômico está alinhado à literatura: navegabilidade previsível diminui risco de interrupção e encurta *buffers* de estoque ao longo da cadeia, aumentando a competitividade de fluxos a granel e contêineres em bacias viáveis (Rodrigue et al., 2017).

Do ponto de vista humano-operacional, as propostas de pontos de parada de caminhoneiros aparecem como pré-condição de segurança e qualidade operacional na malha rodoviária: “faltam pontos de parada estruturados [...] isso compromete a segurança e a qualidade de vida” (USI24). Evidências internacionais tratam áreas seguras de descanso como parte da infraestrutura crítica para reduzir acidentes, roubos e fadiga, com retornos sociais significativos quando estrategicamente localizadas (European Commission, 2019).

Tabela 46: Soluções de infraestrutura por corredor (vinculadas aos gargalos)

Corredor / Ativo	Gargalo validado (resumo)	Solução no ativo	Solução entre ativos	Horizonte
Arco Norte – BR-163 (MT→PA) / Miritituba–Barcarena	Saturação sazonal na BR-163 e janelas curtas na hidrovia; acessos viários precários aos terminais fluviais	Reforço/recuperação pesada de pavimento; 3ª/4ª faixa em trechos críticos	Pavimentar e adequar acessos aos TUPs de Miritituba; programa contínuo de dragagem/balizamento (janela de calado por safra); pátios de triagem	Curto–médio

<i>Entradas de Belém (PA-150) e entornos portuários</i>	Acesso urbano-portuário mais carregado que o representado; conflitos com tráfego urbano	Correções geométricas; gestão semafórica inteligente	Contornos urbanos, faixas exclusivas de acesso portuário, fila virtual/gate scheduling	Curto–médio
<i>Campinas → Santos (Anchieta/Imigrantes + perimetrais)</i>	Acessos/gates com filas; variância de tempo; gargalos de pátio	Otimização de alças e faixas adicionais em trechos de gargalo	Pátios satélite, janela integrada porto–ferrovia–rodovia, reconfiguração de gates e vias internas	Curto–médio
<i>Paranaguá (BR-277 Cascavel→PGA)</i>	Saturação do tronco e gargalos de última milha	Duplicação/terceiras faixas; estabilização de encostas	Acesso ferroviário e rodoviário dedicado ao cais, pátios de triagem, coordenação porto–cidade	Médio–longo
<i>Litoral SC (BR-101: Penha–Itapema) / Itajaí–Navegantes–Itapoá–Imbituba</i>	Tráfego misto com saturação persistente; conflito urbano	Faixas adicionais/obras pontuais de capacidade	Contornos urbanos, corredores logísticos dedicados aos portos; gestão de <i>time windows</i> e ZCD	Curto–médio
<i>MG ↔ ES (BR-381/BR-262; Tubarão/Vitória)</i>	Saturação/capacidade nos eixos troncais; indisponibilidade de janelas ferroviárias	Correção geométrica e duplicações seletivas em trechos críticos	Acesso ferroviário ao porto (pátios de cruzamento/CTC), contratos de janela porto–ferrovia	Médio
<i>MATOPIBA (BR-135 BA–TO–MA) → Itaquí</i>	Tronco subdimensionado; segurança e imprevisibilidade	Recuperação estrutural + duplicações seletivas	Pontos de parada seguros (PPD) a cada 150–200 km; priorização de corredores de exportação	Curto–médio
<i>Hidroviás do Arco Norte (Tapajós/Madeira)</i>	Navegabilidade instável (dragagem/balizamento) e risco (pirataria)	Derrocamentos localizados; balizamento e sinalização	Coordenação comboios–portos; base de patrulhamento fluvial em trechos críticos	Curto–médio
<i>Santos – interfaces ferroviárias (múltiplas concessionárias)</i>	Falta de <i>slots</i> /janelas e triagens saturadas	Ampliação de pátios e cruzamentos; sinalização/CTC	Contratos de capacidade porto–ferrovia (SLA de janela), integração do agendamento com cais	Curto–médio
<i>Acessos urbanos a terminais (vários RM SE/S)</i>	Conflitos urbanos: <i>time windows</i> restritivas e lentidão	Micro melhorias (trincheiras/alças/ <i>local widening</i>)	Zonas de carga/descarga, <i>off-peak</i> com incentivos, API municipal de agendamento	Curto
<i>Pontos de Parada (eixos troncais SE/CO/S)</i>	Insegurança e fadiga; aumento de risco e custo	—	Implantação/upgrade de PPDs certificados (iluminação, CFTV, serviços)	Curto–médio
<i>Portos – bacias de evolução/canais (Santos; Vitória; SC)</i>	Limitações de manobra/calado; filas e demurrage	Dragagem de manutenção/ganho de calado; bacias de evolução	Janela porto–armador, priorização de comboios ferroviários e pátios retroportuários	Médio–longo

Fonte: FDC (2025)

Ao cruzar as propostas com a literatura, emergem duas implicações para a execução: (1) preparação de projetos e governança; (2) encadeamento entre obras e regulação. Primeiro, ampliar e adequar infraestrutura com qualidade depende de preparação robusta de projetos, estimativas realistas de custo-prazo e desenho contratual capaz de mitigar renegociações — um ponto reiterado por estudos de megaprojetos (Flyvbjerg et al., 2003). Ademais, obras “físicas” só capturam benefícios plenos quando interfaces operacionais e regulatórias (janelas portuárias, regras de acesso ferroviário, gestão de pátios, segurança viária, fiscalização) são ajustadas em conjunto. As entrevistas refletem essa interdependência: “não adianta ter porto eficiente se a carga não chega” (FSI32) e “precisamos de integração multimodal [...] num sistema coordenado” (USI30).

Em síntese, a pauta de Infraestrutura dos entrevistados é consistente com a fronteira teórico-empírica: (i) atacar gargalos de capacidade e confiabilidade no ativo, (ii) investir nas interfaces que transformam ativos isolados em corredores efetivos, e (iii) combinar isso com governança de projetos e contratos para assegurar entrega dentro de custo e prazo. A contribuição ao debate reside menos em “o que fazer” — já relativamente consolidado — e mais em como sequenciar e integrar as decisões para que cada obra produza valor sistêmico, e não apenas ganhos locais.

Soluções: Inovação, Tecnologia e Digitalização

A pauta de Inovação, Tecnologia e Digitalização apresentada pelos entrevistados descreve um caminho consistente para reduzir custos de transação, elevar confiabilidade e dar previsibilidade ao sistema logístico. As propostas se concentram em quatro frentes que se reforçam: digitalização e automação de processos (curto prazo), rastreabilidade e telemetria (médio prazo), integração de sistemas e plataformas (médio prazo) e *analytics*/IA aplicada (médio prazo). Em conjunto, elas traduzem a passagem de fluxos opacos e fragmentados para cadeias orientadas por dados e por desempenho.

No eixo de digitalização e automação, as falas sublinham ganhos rápidos ao eliminar papelada e redundâncias, com impacto direto em tempo e erro operacional. A percepção de que “se tivéssemos um sistema integrado e digital, a logística seria muito mais eficiente” (USI04) e a crítica a processos ainda excessivamente manuais e burocráticos (USI01; FSI06) dialogam com a literatura que associa a digitalização a reduções de *lead time* administrativo e a quedas de variabilidade por meio de rotinas padronizadas, interfaces mais simples e captura estruturada de dados. Estudos em logística mostram que, mesmo sem mudanças físicas, a automação de *backoffice*, o uso de formulários eletrônicos e a orquestração de *workflows* já são capazes de gerar ganhos econômicos relevantes e preparar a base de dados para etapas analíticas posteriores (Heilig et al., 2017; OECD, 2023).

As propostas de rastreabilidade e telemetria avançam no sentido de visibilidade operacional em tempo real: “hoje em dia dá para monitorar a hidrovia em tempo real [...] acompanhar pontos críticos” (FSI08). Em termos de mecanismo, a literatura sobre IoT e monitoramento indica que a visibilidade contínua reduz incerteza, melhora a coordenação entre nós, diminui perdas e furto, e viabiliza a gestão proativa de riscos (por exemplo, redimensionando *buffers* e redesenhando janelas de operação) (Ben-Daya et al., 2019). Entretanto, o potencial desses sistemas se realiza plenamente quando as interfaces são padronizadas e quando há governança de dados para garantir qualidade e confiabilidade das medições — ponto que conecta telemetria à frente de integração sistêmica.

Na integração de sistemas e plataformas, a ênfase dos entrevistados recai sobre interoperabilidade por APIs, “janelas únicas” e racionalização de sistemas governamentais e privados, buscando eliminar retrabalho e inconsistências de cadastro: “simplificação e digitalização” em processos de comércio exterior e cabotagem (FSI06; FSI13) e uma visão de plataforma que conecte atores setoriais (USI04). A literatura de facilitação de comércio e *port community systems* demonstra que integrações bem desenhadas — com dicionários de dados comuns, processos padronizados e serviços digitais compartilhados — tendem a reduzir custos de conformidade e de fiscalização, além de melhorar a previsibilidade do ciclo documental (UNECE, 2019; Heilig et al., 2017). O risco, reiterado por experiências internacionais, é “empilhar” sistemas sem arquitetura de integração e sem governança, o que desloca ineficiências em vez de eliminá-las.

Tabela 47: Soluções - Inovação, Tecnologia e Digitalização

<i>Subcategoria pública</i>	<i>Objeto/escopo (o que será digitalizado/padronizado)</i>	<i>Mecanismo de atuação pública (como funciona)</i>	<i>Âmbito (onde)</i>	<i>Prazo</i>	<i>Evidências (entrevistas)</i>
<i>Padrão nacional de “Gate & Slot API”</i>	Agendamento de gates, janelas e fila virtual (porto↔ferrovia↔rodovia)	Norma técnica obrigatória + cláusula contratual em concessões/arrendamentos; SLA de integração entre sistemas privados e PCS	Portos prioritários e seus corredores	Curto– médio	USI43; FSI22; FSI32
<i>Equivalência jurídica do canhoto eletrônico</i>	Comprovante de entrega (POD) 100% digital	Decreto/Resolução reconhecendo POD digital com trilha de auditoria; fiscalização orientada a risco (<i>kill paper</i>)	Nacional (rodoviário)	Curto	USI04; USI28
<i>Janela única logística (PCS + DU-E/DUIMP + DTA)</i>	Unificação operacional de processos portuários/aduaneiros	Integração de sistemas via API com SLA regulatório e governança interagências; publicização de painéis de desempenho	Portos	Médio	FSI02; USI23; USI43
<i>Open Data de Corredores (Hub nacional)</i>	Dados de V/C, incidentes, tempos, pedágios e obras	Portaria de dados abertos + padrões interoperáveis; contratos exigem envio de dados operacionais (anônimos)	Nacional; painéis por corredor	Curto– médio	USI28; FSI31; FSI20
<i>Rastreabilidade e telemetria orientada a risco</i>	Rastreamento de cargas e acionamento de segurança	Protocolo de compartilhamento com forças públicas; incentivos em seguros e pontuação de risco	Corredores de maior incidência	Médio	USI40; USI44; FSI20
<i>Analytics/IA para planejamento e fiscalização</i>	Previsão de demanda, incidentes e controle de filas	Compra pública de serviços analíticos + laboratório de dados (parcerias com universidades)	Nacional; pilotos em 3 corredores	Médio	USI31; FSI31
<i>Interoperabilidade CT-e/MDF-e ↔ Portos/Aeroportos</i>	Consistência documental ponta a ponta	Padrão de eventos e validador único; auditoria automatizada e redução de paradas	Nacional	Curto– médio	USI28; FSI32

<i>Painel de confiabilidade (on-time & variance)</i>	Métricas de confiabilidade por corredor/ativo	Publicação regular com KPIs vinculados a contratos (bônus/penalidade)	Corredores exportadores priorizados	Curto	USI43; USI41
<i>Integração municipal para última milha (API urbana)</i>	<i>Time windows</i> , Zonas de Carga/Descarga, <i>off-peak</i>	Convênios com prefeituras + API pública; incentivos a aderência	Capitais SE/S	Curto– médio	USI28; USI33; FSI31
<i>Segurança digital das operações (ciber + continuidade)</i>	Resiliência de sistemas logísticos críticos	Guia regulatório + requisitos mínimos em contratos; exercícios de continuidade	Portos/terminais críticos	Médio	FSI20

Fonte: FDC (2025)

Por fim, a menção a *analytics/IA* aparece como vetor de eficiência quando ancorada em instrumentos públicos claros. Do lado do Estado, isso significa: (i) prover dados de corredor confiáveis (V/C, tempos, incidentes, pedágios, obras) via hub nacional e padrões de interoperabilidade; (ii) exigir, em concessões/arrendamentos, envio contínuo de dados operacionais (anônimos) e KPIs de confiabilidade para permitir modelagem preditiva pública; (iii) realizar compra pública de serviços analíticos (previsão de demanda/filas, detecção de incidentes, otimização de gates) com SLAs e publicação periódica de painéis; (iv) instituir “laboratórios de dados” com universidades para testes controlados (*regulatory sandbox*) e melhoria contínua dos modelos. A literatura de *big data analytics* em cadeias de suprimento enfatiza que o valor não vem da técnica isolada, mas do acoplamento a dados de qualidade e processos decisórios (Wamba et al., 2017; Kache & Seuring, 2017); no contexto público, isso se traduz em padrões, contratos e transparência que fecham o ciclo entre *insight* e execução.

Em termos de execução, os achados sugerem um encadeamento que reduz risco e acelera captura de valor: começar por digitalização/automação (rápida, de baixo CAPEX e com *paybacks* curtos), avançar para rastreabilidade e integração de sistemas (que exigem coordenação entre múltiplos atores), e então escalar *analytics/IA* em problemas com retorno mensurável (previsão, roteirização, manutenção). Esse sequenciamento é consistente com as recomendações da literatura e com as próprias falas — que pedem eficiência “aqui e agora” (USI01; USI04) sem perder de vista o horizonte de inteligência operacional (ASI26; USI28). O encadeamento proposto (digitalização → rastreabilidade/integração → *analytics/IA*) depende de governança de dados liderada pelo poder público. Isso envolve: (i) instituir padrões nacionais obrigatórios de dados e APIs (documentos eletrônicos, agendamento de gates/slots, eventos logísticos), com guia de qualidade (*schemas*, dicionário, periodicidade) e SLA de disponibilidade; (ii) contratualizar em concessões/arrendamentos/autorizações o envio contínuo de dados operacionais (anônimos) ao hub público de corredores, com KPIs vinculados (*on-time*, variância, fila média, incidentes) e auditoria independente; (iii) integrar Portal Único/Receita/SEFAZ/ANTT/ANTAQ/ANAC por acordos de cooperação, exigindo interoperabilidade por API entre sistemas públicos e privados (portos, ferrovias, operadores, embarcadores); (iv) realizar compra pública de serviços analíticos (previsão de filas, detecção de incidentes, otimização de janelas) com SLAs de acurácia e publicação periódica de painéis por corredor; (v) criar um sandbox regulatório para pilotos (3–4 corredores) com regras de privacidade/concorrência (pseudonimização, minimização, acesso simétrico), antes da escalabilidade nacional. Com padrões, contratos e transparência, as integrações deixam de emperrar, a telemetria vira sinal útil (não “ruído”) e os modelos analíticos mantêm desempenho — aproximando as soluções reportadas pelos entrevistados do estado da arte e reduzindo custo e incerteza do sistema.

Soluções: Mão de Obra

A categoria Mão de Obra revela um consenso robusto entre entrevistados de que a capacidade do sistema logístico brasileiro depende de um “ pilar humano ” hoje tensionado por escassez, formação insuficiente e condições de trabalho pouco atrativas. As propostas convergem para quatro frentes complementares: (i) formação e certificação de motoristas, (ii) formação de marítimos/fluviais, (iii) capacitação contínua, e (iv) condições de trabalho e retenção. A tônica é pragmática: ampliar rapidamente o funil de entrada (oferta de profissionais habilitados), atualizar competências para tecnologias emergentes e tornar as carreiras mais sustentáveis no dia a dia da operação.

No transporte rodoviário, os entrevistados descrevem um descompasso estrutural entre demanda e oferta de motoristas habilitados, associado à atratividade da profissão. “ O motorista está desvalorizado, precisamos investir em formação e melhorar a atratividade da profissão ” (USI18); “ A gente precisa de mais motoristas qualificados ” (UMP34); “ precisamos de programas de capacitação ” (USI44). A literatura internacional tem documentado carência de condutores em vários mercados e associa sua persistência a um pacote de fatores: barreiras de entrada (custos de certificação e habilitação), condições de trabalho (jornadas, remuneração, segurança) e pressões operacionais (cumprimento de janelas, variabilidade de demanda). Relatórios setoriais apontam que aumentar a oferta exige uma combinação de formação certificada, políticas de retenção e melhorias em infraestrutura de apoio (IRU, 2023). Essa última aparece de forma contundente nas entrevistas: “ faltam pontos de parada estruturados [...] isso compromete a segurança e a qualidade de vida ” (USI24); “ é super relevante [...] revisar legislação e/ou ter infraestrutura de apoio ” (FSI22). Evidências europeias mostram que áreas seguras e bem localizadas de descanso reduzem acidentes, roubos e fadiga e contribuem à retenção (European Commission, 2019). Em suma, a agenda proposta pelos entrevistados alinha-se ao que a literatura recomenda: ampliar e qualificar o pipeline, ao mesmo tempo em que se investe em condições de trabalho que estabilizem a oferta.

No ambiente aquaviário, as falas convergem para a necessidade de escala e diversificação na formação de marítimos e fluviais, com ênfase em reduzir gargalos institucionais. “ É sair do monopólio ou da exclusividade [...] e ter escolas qualificadas para aumentar o *pipeline* de formação de marítimos ” (FSI02); “ começar a formação de fluviais, desde marinheiros [...] capitães ” (USI25); “ treinamentos [...] é uma reclamação recorrente ” (USI42). Os achados dialogam com diagnósticos internacionais de déficit de oficiais e tripulantes e com a centralidade de currículos e certificações aderentes ao padrão STCW — cuja adequação é condição para empregabilidade e segurança (BIMCO & ICS, 2023). Do ponto de vista econômico, gargalos de formação no modal aquaviário têm efeito multiplicador sobre confiabilidade e previsibilidade de corredores hidroviários; ao mitigar riscos de indisponibilidade de tripulação, viabilizam a exploração de ganhos de escala em rotas de granel e contêiner.

A capacitação e qualificação contínua aparece como camada transversal, sobretudo diante da digitalização e da incorporação de tecnologias de rastreabilidade e automação. “ Falta gente capacitada para lidar com as novas tecnologias logísticas ” (FSI22). A literatura sobre digitalização em cadeias de suprimento é consistente: os ganhos de produtividade e confiabilidade decorrentes de sistemas digitais, telemetria e *analytics* só se materializam quando há competências complementares — técnicas e gerenciais — para operar, interpretar e agir sobre os dados (Wamba et al., 2017; Kache & Seuring, 2017). Esse ponto reforça a pertinência de programas de curta duração (curto prazo) para elevar prontamente a base de competências, enquanto

políticas de formação técnica e superior (médio prazo) ampliam o estoque de habilidades no horizonte de 1–3 anos.

Tabela 48: Soluções - Mão de Obra

<i>Subcategoria</i>	<i>Descrição breve da subcategoria</i>	<i>Prazo para Implementação</i>	<i>Nº de citações</i>
<i>Formação e Certificação de Motoristas</i>	Ampliação da oferta de cursos, certificações (CNH, MOPP) e programas de formação para reduzir escassez e elevar a segurança.	médio	17
<i>Formação de Marítimos/Fluviais</i>	Criação/expansão de escolas e trilhas de carreira para oficiais, marinheiros e tripulantes de navegação interior e costeira.	médio	13
<i>Capacitação e Qualificação Profissional</i>	Treinamentos técnicos e comportamentais continuados para elevar produtividade e segurança operacional.	curto	6
<i>Condições de Trabalho e Retenção</i>	Medidas para atrair e reter profissionais (pontos de descanso, jornada adequada, benefícios e segurança no trabalho).	médio	4

Fonte: FDC (2025)

Por fim, as falas sobre condições de trabalho e retenção — segurança pública, jornadas, remuneração, pontos de descanso — reforçam que políticas de oferta (formação) e de demanda (condições) são interdependentes. “A presença de roubo de carga é enorme [...] precisamos tratar com segurança” (USI23); “pontos de parada [...] para manutenção da legislação e também da segurança” (USI33). A pesquisa internacional liga a permanência no setor a fatores “higiênicos” (segurança, previsibilidade, infraestrutura de apoio) e a trajetórias de progressão na carreira, especialmente em segmentos de maior complexidade técnica (European Commission, 2019; IRU, 2023). Nesse sentido, o encadeamento sugerido pelos entrevistados — formar/certificar, capacitar continuamente e melhorar condições de trabalho — não é apenas coerente; é necessário para que os investimentos físicos e tecnológicos analisados em outras categorias tenham efeito pleno sobre custos e níveis de serviço.

Em síntese, os achados desta categoria sustentam uma proposição simples, mas frequentemente negligenciada no debate de infraestrutura: não há ganho logístico sustentável sem uma estratégia de capital humano. O conjunto de soluções proposto — formação e certificação em escala, capacitação contínua e melhoria das condições de trabalho — está alinhado à fronteira do conhecimento e às boas práticas internacionais. Para capturar o valor esperado, recomenda-se tratá-lo como pacote integrado, com metas verificáveis (ex.: número de certificações, taxa de preenchimento de vagas, índices de segurança e rotatividade) e mecanismos de financiamento e governança que assegurem continuidade e qualidade na entrega.

Soluções: Multimodalidade

A pauta de Multimodalidade proposta pelos entrevistados descreve uma visão sistêmica em que a logística deixa de ser “soma de modais” para operar por corredores com integrações físicas e operacionais entre nós e elos. As três subcategorias mais citadas — Corredores Multimodais, Integração Porto–Ferrovia e Integração Hidrovia–Ferrovia — formam um encadeamento lógico: planejar por corredores, eliminar gargalos nas interfaces críticas e, com isso, criar condições para o ganho de escala e de confiabilidade que sustentam reduções de custo *end-to-end*.

No plano conceitual, os achados coincidem com a literatura que coloca o foco nas interfaces e nos terminais como pontos de criação (ou perda) de valor. O argumento clássico de que a eficiência sistêmica depende menos do ativo isolado e mais da orquestração entre ativos aparece com força nas falas: “O grande gargalo é integrar bem ferrovia, rodovia e porto” (FSI19); “A ferrovia só vai fazer sentido se tiver integração com os portos de Pecém e Suape” (FSI10); “Tem que conectar a hidrovia com a ferrovia, com a rodovia” (FSI08). A literatura de intermodalidade sustenta esse mecanismo: quando há massa crítica, interfaces de transbordo eficientes e contratos de longo prazo entre atores, caem os custos de coordenação e o “efeito rede” se materializa (Bontekoning et al., 2004; Rodrigue et al., 2017). A noção de regionalização portuária (integração porto–hinterlândia) também dialoga diretamente com as propostas de melhorar acessos e ligações dedicadas, com o terminal funcionando como “nó de coordenação” do corredor (Notteboom & Rodrigue, 2005).

A subcategoria Corredores Multimodais reflete um diagnóstico de dependência excessiva do rodoviário e de perda de eficiência por fragmentação: “Nós precisamos investir em ferrovia, em hidrovia, não dá para ficar dependendo só da rodovia” (USI04); “A multimodalidade precisa ser incentivada” (USI05); “A intermodalidade mais efetiva... falta de oferta e falta de conexão” (USI01). A literatura aponta que políticas de corredor — combinando infraestrutura, regulação e incentivos — são mais eficazes do que intervenções isoladas, porque atacam simultaneamente variabilidade de tempo, transbordos e janelas operacionais (Rodrigue et al., 2017; European Commission, 2011). Em termos práticos, isso implica coordenar investimentos em terminais interiores/portos secos, acessos ferroviários aos portos e pontos de transbordo com padrões de dados e de operação.

Em Integração Porto–Ferrovia, as falas pedem ligações dedicadas e fluidez na “última milha” portuária: “integrar melhor os portos com as retroáreas e os acessos terrestres” (FSI16); “falar de logística integrada... pensar a ferrovia junto com a rodovia, com o porto” (FSI15). A literatura é clara quanto ao papel desproporcional que interfaces porto–ferrovia exercem sobre o desempenho do corredor: bloqueios nessa transição elevam tempos de espera, deterioram confiabilidade e inviabilizam trens bloco e janelas regulares (Notteboom & Rodrigue, 2005; Rodrigue et al., 2017). Por isso, os ganhos sugeridos pelos entrevistados — ligações dedicadas, pátios de triagem, coordenação de janelas e governança de acessos — são precisamente as alavancas que a evidência internacional associa à captura de economias de escala e à redução de variância.

A Integração Hidrovia–Ferrovia aparece como vetor de previsibilidade e custo para fluxos a granel e contêineres em bacias viáveis: “Precisamos conectar a hidrovia com a ferrovia para ter eficiência logística” (FSI11); “A hidrovia precisa estar ligada à ferrovia e à rodovia para funcionar bem” (FSI37). O racional técnico-econômico é amplamente documentado: a hidrovia entrega custo marginal baixo e emissões reduzidas por tonelada-quilômetro, enquanto a ferrovia assegura regularidade e capacidade de longa distância; a sinergia entre ambas depende de terminais de interface dimensionados, calado/janelas confiáveis e contratos que

garantam volumes (Rodrigue et al., 2017). Esse ponto conecta Multimodalidade com as agendas de Infraestrutura (dragagem, bacias de evolução) e de Regulação/Simplificação (licenciamento, regras de acesso), reforçando que a efetividade do corredor exige um pacote institucional e físico.

Ao mesmo tempo, a literatura traz alertas úteis para a implementação: (i) custos de transbordo e padronização podem anular ganhos potenciais se não forem tratados com engenharia de processo e desenho de terminal (Bontekoning et al., 2004); (ii) sem governança de dados e visibilidade entre elos, a coordenação degrada — tema que se conecta às propostas de Inovação/Digitalização deste estudo; (iii) efeitos de demanda induzida podem reaparecer se a expansão de capacidade vier desacoplada de políticas de gestão e de contratos orientados a desempenho (Duranton & Turner, 2011). As falas lidam implicitamente com esses riscos ao insistir na coordenação entre modais — “logística integrada” (FSI15), “conectar a hidrovía com a ferrovia, com a rodovia” (FSI08) — e ao apontar gargalos operacionais concretos no acesso a terminais.

Para tornar a agenda multimodal acionável, organizamos as soluções por corredor/interface, pareando o gargalo validado com a solução física de conexão (entre ativos) e o mecanismo público que a viabiliza (contrato, padrão, coordenação). Os exemplos abaixo refletem os trechos mais citados nas entrevistas e mantêm coerência com os achados de infraestrutura.

Tabela 49: Soluções - Multimodalidade

<i>Corredor / Interface</i>	<i>Gargalo multimodal validado</i>	<i>Solução física (entre ativos)</i>	<i>Mecanismo público (contrato/padrão/coordenação)</i>	<i>Horizonte</i>	<i>Evidências (cód.)</i>
<i>Santos ↔ hinterlândia (SE–SP)</i>	Janelas/gates rígidos; fila de atracação; sincronização frágil porto–ferrovia–rodovia	Pátios satélite, fila virtual e janela integrada porto–ferrovia–rodovia; reconfiguração de gates internos	Cláusulas de janela/slots em arrendamentos, <i>API Gate&Slot</i> obrigatória; comitê porto–cidade	Curto–médio	USI43; FSI03; FSI22; FSI32
<i>Paranaguá (BR-277 ↔ pátios/berços)</i>	Última milha saturada; triagens no limite; conflito urbano	Acesso ferroviário dedicado, ampliação de pátios de triagem e <i>cross-docking</i> ferrovia↔cais; contornos urbanos	Contratos de capacidade ferroviária (SLA), obras condicionadas em contrato; coordenação prefeitura–autoridade portuária	Médio	USI41; FSI27
<i>Itajaí–Navegantes/SC (BR-101 litoral)</i>	Saturação viária e restrições urbanas para acesso a terminais	Corredor logístico dedicado a terminais; janela urbana <i>off-peak</i> e Zonas de Carga/Descarga; consolidação em retroáreas	Convênios porto–município (API urbana), regras de <i>off-peak</i> ; exigência de pátios retroportuários em contratos	Curto–médio	FSI22; USI41
<i>Arco Norte: Miritituba ↔ Barcarena/Santarém (hidrovía–rodovia)</i>	Janela curta (calado/balizamento) + acessos viários precários a TUPs	Programa contínuo de dragagem/balizamento por safra; pavimentação/adequação dos acessos aos terminais	Contrato de desempenho hidroviário (metas de janela), convênios MTur/MT/ANTT para acessos; fiscalização por KPI	Curto–médio	USI25; ASI46; FSI45
<i>MG–ES ↔ Vitória/Tubarão (porto–ferrovia)</i>	Falta de slots/janelas; triagens saturadas	Pátios de cruzamento e CTC, janela contratual	Contratos de capacidade com KPIs (<i>on-time, dwell</i>), integração	Médio	USI41; USI43

		porto↔ferrovia; segregação de fluxos	de agendamento ao PCS portuário		
<i>MATOPIBA → Itaquí (rodovia–porto)</i>	Troncos subdimensionados; última milha portuária com variância alta	Pátios de triagem, fila virtual e priorização de janelas para graneis; melhorias pontuais de acesso	Arrendamentos com SLA de <i>turnaround</i> de caminhões/vagões; <i>API Gate&Slot</i> integrada ao DU- E/DUIMP	Curto– médio	FSI31; USI28
<i>Hidrovia do Tapajós/Madeira ↔ ferrovia (potenciais)</i>	Ausência de interface barcaça↔ferrovia para bundling de grãos	Terminais intermodais (<i>dry ports</i> /barcaças) com sincronização de janelas	Condicionalidades de CAPEX e incentivos pró-intermodal em concessões; sandbox regulatório	Médio	USI25; FSI10
<i>Acessos portuários urbanos (vários RM SE/S)</i>	<i>Time windows</i> e restrições que quebram a intermodalidade	Zonas de Carga/Descarga dedicadas, corredores fora de pico; integração com pátios retroportuários	Convênios porto–prefeituras; API municipal de agendamento; indicadores de cumprimento	Curto	USI28; FSI31

Fonte: FDC (2025)

Em síntese, os entrevistados descrevem uma agenda de Multimodalidade altamente **congruente** com a fronteira teórico-empírica: planejar por corredores; eliminar gargalos porto–ferrovia e hidrovia–ferrovia; e ancorar a integração em obras e regras que reduzam variabilidade e coordenem decisões dos agentes.

Soluções: Plano de Estado e Implementação

A categoria Plano de Estado e Implementação articula o conjunto de pré-condições institucionais para que investimentos, concessões e ganhos operacionais deixem de ser episódicos e se convertam em política pública contínua. As seis frentes mais citadas — Governança e Coordenação, Continuidade e Visão de Longo Prazo, Plano/Política Nacional Integrada, Metas e Monitoramento, Autoridade/Conselho de Logística e Licenciamento Ambiental Ágil — configuram um pacote institucional coerente: coordenação intergovernamental e regulatória, compromisso intertemporal com prioridades, um plano nacional que organiza a carteira, métricas para aprendizagem e *accountability*, um arranjo organizacional com mandato claro para arbitrar e destravar e redução de prazos para o licenciamento de grandes projetos. Essa leitura está alinhada aos referenciais internacionais de governança de infraestrutura e seus pilares (visão estratégica, preparação de projetos, coordenação, integridade e monitoramento), consolidados na Recomendação da OCDE (2020) e operacionalizados pelos Infrastructure Governance Indicators (IGIs) (OCDE, 2023).

As falas sugerem instâncias transversais para organizar o ciclo decisório e mitigar vieses setoriais — “projeto de Estado” (USI12) e revisão técnica por pares (USI25). A literatura de governança colaborativa mostra que arranjos que conectam ministérios, reguladores e entes subnacionais ampliam capacidade de formulação e implementação quando existem regras claras de participação, transparência e mecanismos de resolução de conflitos (Ansell & Gash, 2008). No campo de infraestrutura, diretrizes da OCDE reforçam coordenação interinstitucional e clareza de papéis para reduzir atritos em preparação de projetos, licenciamento e contratação (OCDE, 2020; OCDE, 2023).

O diagnóstico recorrente de descontinuidade política (“todo governo muda a prioridade...”, USI04) e o pedido por estabilidade regulatória (FSI16; FSI19; USI21) convergem com a evidência sobre compromisso regulatório: instituições que limitam arbitrariedade e asseguram estabilidade de regras reduzem custo de capital e a probabilidade de renegociações oportunistas (Levy & Spiller, 1994). Em complemento, a agenda de *front-end* robusto — planejamento de longo prazo, preparação e gestão de risco — é central para combater sobrecustos e atrasos em megaprojetos (Flyvbjerg et al., 2003).

As falas pedem uma arquitetura que substitua decisões casuísticas por pipeline priorizado (“um plano nacional para hidrovias/ferrovias” — FSI08; FSI10) e que opere por corredores e cadeias de valor, não por ativos isolados (FSI15; FSI11; USI17). Essa lógica é consistente com a política europeia de transportes (Livro Branco de 2011), que enfatiza coordenação multimodal e planejamento integrado com metas e cronogramas realistas (European Commission, 2011), bem como com as recomendações da OCDE para integrar planejamento, priorização e execução por toda a vida do ativo (OCDE, 2020).

Ainda que a sigla “KPI” apareça menos nas citações, os entrevistados vinculam revisão técnica (USI25) e atualização tecnológica com dados em plataforma (USI33) à necessidade de avaliação contínua. A literatura de gestão pública distingue propósitos da mensuração (controle, aprendizado, motivação, legitimação) e recomenda arranjos métricos compatíveis com cada propósito (Behn, 2003). Para infraestrutura, os IGIs e a Recomendação da OCDE enfatizam monitorar nível de serviço e entrega física (prazo, custo, escopo), conectando indicadores a cláusulas contratuais e processos de replanejamento (OCDE, 2023; OCDE, 2020).

Ainda, um ponto bastante citado que afeta diretamente a capacidade do Estado de implementar planos de investimento em projetos de alto impacto para a logística é o do processo de licenciamento ambiental. As falas reiteram que a morosidade e a baixa previsibilidade do licenciamento “ainda é um entrave importante para novos projetos” (USI17) e “demora demais, inviabiliza projetos importantes” (FSI11; USI05; USI09; ASI26), o que pode viabilizar a sustentabilidade de setores específicos no longo prazo. A preocupação não é “licenciar a qualquer custo”, mas licenciar melhor: prazos e etapas claros, padronização de exigências recorrentes, coordenação entre órgãos e foco em risco — “às vezes as condições são maiores do que deveria” (USI01) — alinhando-se às recomendações de governança por estágios, análise de risco cumulativo e fortalecimento de capacidades técnicas (OECD, 2020; OECD, 2023). Em linguagem econômica, previsibilidade regulatória baixa o custo do capital, reduz paralisações e diminui renegociações, condição necessária para que investimentos “verdes” (p.ex., eletromobilidade em terminais, eficiência energética, corredores de menor carbono) avancem do anúncio à entrega. Algumas falas reforçam esses pontos: “precisa haver um maior entendimento entre os órgãos” (USI25); “tornar processos mais ágeis, mais otimizados” (ASI26).

Tabela 50: Soluções - Plano de Estado

<i>Subcategoria</i>	<i>Descrição breve da subcategoria</i>	<i>Prazo para Implementação</i>	<i>Nº de citações</i>
<i>Licenciamento Ambiental Ágil</i>	Racionalizar o licenciamento com prazos, fases e checklists claros para encurtar ciclos sem reduzir salvaguardas.	médio	15
<i>Governança e Coordenação</i>	Arranjos de coordenação interministerial/interfederativa e regras claras de governança para execução integrada.	médio	14
<i>Continuidade e Visão de Longo Prazo</i>	Garantir estabilidade de políticas e projetos com visão de Estado, blindando prioridades de ciclos eleitorais.	longo	8
<i>Plano/Política Nacional Integrada</i>	Elaboração e atualização de plano/estratégia nacional de logística com prioridades, cronogramas e responsabilidades.	médio	7
<i>Metas e Monitoramento</i>	Definição de KPIs e rotinas de monitoramento/avaliação para acompanhar entregas e corrigir rumos.	curto	6
<i>Autoridade/Conselho de Logística</i>	Criação de órgão/conselho com mandato para coordenar atores, arbitrar prioridades e destravar gargalos.	médio	5

Fonte: FDC (2025)

A criação de um órgão com mandato para coordenar atores, arbitrar prioridades e destravar gargalos (“se a regulação não for adequada, o investidor não coloca dinheiro...”, FSI15) funciona como mecanismo de ancoragem institucional. Teorias de compromisso regulatório e os referenciais da OCDE sugerem que funções de coordenação, quando apoiadas por mandato legal, competência técnica e transparência decisória, reduzem custos de transação e ampliam a capacidade estatal de conduzir carteiras complexas e interdependentes (Levy & Spiller, 1994; OCDE, 2020/2023).

Soluções: Regulação e Simplificação

A categoria Regulação e Simplificação expressa um diagnóstico maduro dos entrevistados: a competitividade logística não depende apenas de mais ativos físicos, mas de regras claras, processos simples e fiscalização inteligente. As propostas convergem para quatro frentes que se reforçam: (i) fortalecimento regulatório e de fiscalização; (ii) desburocratização de processos; e (iii) simplificação aduaneira/Comex. Em conjunto, o desenho aproxima o sistema brasileiro de princípios consolidados internacionalmente — foco em risco, coordenação institucional, digitalização com interoperabilidade e métricas de desempenho (OECD, 2014; 2020; 2023).

As falas demandam capacidade estatal para fiscalizar com inteligência e reduzir assimetrias de regras e incerteza — “a cabotagem hoje [...] é tratada como navegação internacional. Isso gera uma burocracia

absurda” (FSI06). No mesmo eixo de fiscalização inteligente, os entrevistados associam roubo de cargas a trechos e janelas previsíveis, pedindo policiamento e inteligência (USI04; USI01; USI05). Em termos de política, trata-se de aplicar o mesmo *framework* de risco: (i) modelos de seleção (corredor/horário/tipo de carga) para ações de PRF/secretarias de segurança e órgãos fiscais; (ii) interoperabilidade de dados (telemetria anônima, incidentes, V/C, ocorrências) para roteirização de blitz e patrulha; (iii) foco em compliance no ponto certo (auditoria em transportadoras/terminais com maior score de risco, e não checklists indistintos). A literatura recomenda fiscalização baseada em risco, coordenação entre órgãos e previsibilidade de critérios, reduzindo custos de conformidade sem afrouxar salvaguardas (OECD, 2014). Na prática, migra-se de checklists uniformes para alocação seletiva de esforço (aduana, ANTT/ANTAQ/ANAC, PRF/Polícias), eliminando sobreposições e elevando o “retorno por unidade de fiscalização” — inclusive no componente de segurança.

Há consenso de que etapas redundantes e documentação física ainda são gargalos: “paperless e de forma integrada [...] por que ainda precisam andar com essa tripa de papel?” (FSI02); “se tivéssemos um sistema integrado e digital, a logística seria muito mais eficiente” (USI04). A literatura endossa padronização, interoperabilidade por APIs e serviços digitais como motores de redução de tempo e variância processual — e como pré-condição para fiscalização orientada por dados (OECD, 2018; 2023).

As falas sobre Portal Único/Siscomex e sobre o tratamento da cabotagem reforçam que o custo de fronteira permanece relevante: “ainda tem papel demais na fronteira” e “cada aduana faz de um jeito, não tem padrão” (USI18). Evidências robustas mostram que dias na fronteira têm equivalentes tarifários significativos e que atrasos e variabilidade reduzem volumes e alteram a composição das exportações (Hummels & Schaur, 2013; Djankov et al., 2010). As boas práticas — Janela Única, gestão de risco, inspeções coordenadas — estão consolidadas em marcos como a Recomendação nº 33 da UNECE, o Acordo de Facilitação de Comércio (TFA) da OMC e o *SAFE Framework* da OMD/WCO; o núcleo comum é o tripé digitalização, padrões de dados/processos e seleção baseada em risco.

Tabela 51: Soluções - Regulação e Simplificação

Subcategoria	Descrição breve da subcategoria	Prazo para Implementação	Nº de citações
<i>Fortalecimento Regulatória e Fiscalização</i>	Reforçar capacidade regulatória e modernizar a fiscalização (critérios, foco em risco, coordenação entre órgãos) para reduzir insegurança e custos de conformidade.	médio	33
<i>Desburocratização de Processos</i>	Simplificar e eliminar etapas redundantes em trâmites logísticos e administrativos, padronizando exigências.	curto	14
<i>Simplificação Aduaneira/Comex</i>	Integrar e simplificar procedimentos de comércio exterior (Portal Único/Siscomex) para reduzir tempo e retrabalho.	médio	9

Fonte: FDC (2025)

Os entrevistados descrevem, na prática, um roteiro de convergência com a fronteira regulatória: (1) foco em risco e coordenação para fiscalização (USI01; USI04; USI05; FSI06); (2) desburocratização digital com padronização (USI01; USI04; FSI02; FSI16); e (3) facilitação de comércio com janela única e gestão de risco

(FSI02; USI18; FSI31). A literatura sugere que esse pacote gera ganhos sistêmicos quando acompanhado de governança de dados (qualidade, interoperabilidade e transparência), monitoramento de desempenho e revisões ex post para evitar “re-burocratização” por acumulação normativa (OECD, 2014; 2023; OECD/WTO/UNECE marcos de facilitação).

Soluções: Segurança

A categoria Segurança revela um consenso entre os entrevistados de que a competitividade logística depende de um pacote integrado de medidas: monitoramento e rastreio, infraestrutura e protocolos operacionais seguros, repressão qualificada ao roubo de cargas e coordenação entre forças de segurança e órgãos setoriais. Em conjunto, essas frentes deslocam a agenda de um enfoque reativo para uma lógica preventiva, baseada em risco e orientada por dados, em linha com recomendações consolidadas na literatura e na “grey literature” internacional.

Tabela 52: Soluções - Segurança

Subcategoria	Descrição breve da subcategoria	Prazo para Implementação	Nº de citações
<i>Monitoramento e Rastreio de Segurança</i>	Uso de CFTV, telemetria, OCR/isca e monitoramento em tempo real para prevenir incidentes, localizar cargas e apoiar resposta rápida.	médio	29
<i>Gestão de Segurança Operacional</i>	Padrões e infraestrutura de apoio (pontos de parada seguros, controle de acesso, protocolos) para reduzir exposição a riscos nas operações.	médio	23
<i>Combate ao Roubo de Cargas</i>	Ações de inteligência e repressão qualificada contra quadrilhas, com foco em receptação, rotas críticas e articulação com o MP/seguradoras.	curto	8
<i>Coordenação de Segurança Pública</i>	Integração entre PRF, polícias Federal/Civil/Militar e órgãos fazendários em operações e centros de comando conjuntos.	médio	5

Fonte: FDC (2025)

Para transformar telemetria, OCR, CFTV e “iscas” em ganho sistêmico — e não apenas soluções *firm-by-firm* — o Estado deve normatizar padrões, induzir a adoção e operar (ou contratar) a coordenação por risco. Em termos práticos: (i) instituir padrões nacionais de dados/eventos (ex.: “evento de parada não programada”, “violação de lacre”, “perda de sinal”) e APIs obrigatórias para integração com PRF/Secretarias de Segurança/Receita; (ii) contratualizar o envio contínuo de dados operacionais anônimos em concessões/arrendamentos e em autorizações (portos/terminais/operadores), com KPIs de confiabilidade e incidentes; (iii) criar um Hub Público de Risco de Corredores (painéis por V/C, incidentes, tempos), alimentado por telemetria e ocorrências, para roteirizar patrulhamento/blitze; (iv) Cofinanciar implantação de Pontos de Parada Seguros (PPS) e de CFTV/OCR em last-mile portuário via linhas de fomento e contrapartidas contratuais; (v) usar compra pública (ou PPP) para contratar rastreio “as-a-service” em corredores-piloto,

com SLAs (tempo de detecção e resposta) e publicação de métricas. A literatura de IoT em cadeias indica que os ganhos aparecem quando tecnologia é acoplada a processos padronizados e governança de dados; no contexto público, isso significa padrões, contratos e *accountability* — sem os quais os sinais viram “ruído” e os ganhos não escalam (Ben-Daya et al., 2019).

Tabela 53: Política pública para monitoramento e rastreamento

<i>Ação pública</i>	<i>Objeto</i>	<i>Mecanismo</i>	<i>Âmbito</i>	<i>Métrica</i>
<i>Padrão nacional de eventos/telemetria</i>	Telemetria, OCR, CFTV, “iscas”	Norma + API obrigatória	Nacional	% operações integradas; uptime API
<i>Contrato de dados em concessões/arrendamentos</i>	Dados anônimos de operação e incidentes	Cláusula contratual + KPI	Portos/rod./ferrovias	<i>Incident rate; on-time</i>
<i>Hub Público de Risco de Corredores</i>	Painéis V/C, incidentes, tempos	Operação estatal/PPP	Corredores críticos	Redução % incidentes; tempo resposta
<i>Cofinanciamento PPS e CFTV last-mile</i>	Infraestrutura de segurança	Fomento + condicionantes	Eixos prioritários	Nº PPS certificados; eventos/km
<i>Compra pública de rastreamento/analytics</i>	Deteção/ resposta orientada a risco	Contrato com SLA/penalidade	Pilotos → escala	SLA cumpridos; queda de variância de tempo

Fonte: FDC (2025)

A dimensão de gestão de segurança operacional aparece em propostas de pontos de parada seguros, controle de acesso e protocolos de operação. O argumento central é que a falta de áreas seguras e padronização expõe motoristas e cargas a riscos e deteriora a qualidade de vida do trabalho (USI24). Evidências europeias indicam que redes de *Safe & Secure Truck Parking Areas* reduzem acidentes, roubos e fadiga, com benefícios líquidos quando a localização segue critérios de risco e de demanda (European Commission, 2019). A implicação prática é tratar essas áreas como infraestrutura crítica, integrando-as à modelagem de corredores e a padrões de auditoria.

Quanto ao combate ao roubo de cargas, as falas pedem inteligência policial qualificada e foco em receptação e rotas críticas: “precisamos de mais policiamento e inteligência contra roubo de cargas” (USI04); “é um problema crônico que a gente precisa tratar com segurança” (USI23). A evidência acumulada sobre policiamento em “hot spots” aponta reduções significativas de crime quando há concentração de esforços em pontos e janelas de alto risco, com táticas orientadas por análise (Braga et al., 2012). Em paralelo, a tradição de prevenção situacional recomenda endurecimento de alvos, reforço de vigilância e redução de “facilitadores” ambientais nas rotas e terminais, medidas que dialogam diretamente com controle de acesso, iluminação, CFTV e desenho de pátios (Clarke, 1997).

A quarta frente é a coordenação de segurança pública, que os entrevistados associam a operações e centros conjuntos entre PRF, polícias e órgãos fazendários, apoiados por análise de dados e tecnologia (FSI03). A literatura de *intelligence-led policing* sustenta que integrar fluxos de informação, análise criminal e tomada de decisão tática/operacional aumenta a produtividade do policiamento e reduz redundâncias entre agências (Ratcliffe, 2016). No plano regulatório, princípios de fiscalização baseada em risco e coordenação interinstitucional reduzem custos de conformidade e aumentam a eficácia das inspeções (OECD, 2014). Em cadeias globais, marcos como o *SAFE Framework* (WCO) estruturam parcerias público-privadas e critérios de

gestão de risco na fronteira — um desenho que pode ser adaptado a corredores internos de alto valor (WCO, 2018).

Tomadas em conjunto, as propostas dos entrevistados descrevem um encadeamento plausível de implementação: (1) atacar “higiene” operacional (pontos de parada, controle de acesso, protocolos); (2) escalar monitoramento orientado a risco (telemetria, OCR, CFTV, iscas) com governança de dados; (3) consolidar centros integrados de inteligência/operação entre forças e órgãos setoriais; e (4) alinhar fiscalização e contratos a métricas de desempenho (incidência, severidade, tempo de resposta). Esse roteiro é coerente com a fronteira teórico-empírica e com as falas coletadas — que pedem simultaneamente capacidade estatal, infraestrutura de apoio e uso de dados para reduzir o espaço de atuação de quadrilhas e a exposição operacional (USI01; USI04; USI23; USI24; FSI03).

Soluções: Sustentabilidade

A pauta de Sustentabilidade emergiu nas entrevistas menos como um cardápio disperso de “boas práticas” e mais como um programa de execução ancorado na renovação/adequação da frota rumo a menor intensidade de emissões e poluentes locais. Em termos de mecanismo, trata-se de acelerar a difusão tecnológica no *back-end* operacional para acelerar a descarbonização do transporte.

Nesse sentido, os entrevistados pedem “um programa sério de renovação de frota” (USI04; USI05; USI44) e citam tecnologias de transição: “veículos elétricos nas entregas urbanas” (UMP34), “equipamentos com bateria de lítio” (FSI22) e adoção de combustíveis avançados (“HBVO [...] funciona no mesmo motor que existe hoje”, USI01). A literatura aponta que renovação tecnológica reduz fortemente poluentes locais (NOx/MP) sob padrões de emissão mais estritos (Euro VI/Proconve P8) e pode trazer ganhos de eficiência energética, ainda que o CO₂ de escapamento dependa de eficiência operacional e do combustível utilizado (ICCT, 2017; McKinnon, 2018). Quando combinada a biocombustíveis avançados (como HVO) e a eletrificação em trechos urbanos, a renovação entrega cobenefícios: melhora da qualidade do ar, menor ruído e redução de custos de manutenção, além de sinalizar alinhamento a metas climáticas (IEA, 2021; McKinnon, 2018). Importa notar o senso prático nas entrevistas: o apelo a soluções drop-in (USI01) reduz barreiras de adoção e acelera a captura de valor.

Embora menos frequente nesta categoria, há menções a emissões relativas por modal — “ferrovia emitindo 9 vezes menos [...] que a rodovia” (FSI14) — que ecoam a evidência de menor intensidade energética de ferrovias e hidrovias por t.km quando comparadas ao rodoviário em cargas pesadas (Rodrigue et al., 2017; IEA, 2019). Isso conecta Sustentabilidade às pautas de Multimodalidade e Infraestrutura: sem corredores previsíveis e interfaces eficientes, perde-se o potencial de reduzir emissões via transferência modal. Assim, o pacote que emerge das falas — licenciar com previsibilidade; renovar frota com padrões estritos e combustíveis/eletrificação de transição; e viabilizar corredores de menor carbono — é coerente com a fronteira teórico-empírica e com trajetórias de descarbonização custo-efetivas.

Tabela 54: Soluções - Sustentabilidade

<i>Subcategoria</i>	<i>Descrição breve da subcategoria</i>	<i>Prazo para Implementação</i>	<i>Nº de citações</i>
<i>Transição de Frota de Baixo Carbono</i>	Renovação e adequação da frota (Euro VI/Proconve, ARLA 32, veículos elétricos/hidrogênio) e programas de qualificação para reduzir emissões.	médio	8

Fonte: FDC (2025)

A literatura é clara de que a transição exige sequenciamento e governança de dados: (1) escalar renovação onde a economia fecha (urbano, trechos curtos, equipamentos de pátio), usando instrumentos financeiros e critérios de desempenho (ICCT, 2017; IEA, 2021); (2) integrar a agenda tecnológica a políticas de corredor, onde o ganho por t.km é maior (IEA, 2019). As falas dão a direção e explicitam as barreiras: “testando veículos elétricos nas entregas urbanas” (UMP34). O resultado é um roteiro pragmaticamente publicável: tecnologia que entrega e corredores que consolidam.

CONCLUSÃO

Este capítulo conclui o presente relatório a partir da operacionalização do Future-Based View (FBV) no escopo do PNL/PIT 2050, transformando os artefatos técnicos oficiais e o diagnóstico qualitativo dos capítulos anteriores em uma arquitetura de cenários orientada à execução. A lógica é cumulativa e rastreável: partimos do Cenário –A, que consolida a memória estruturada do sistema (matrizes OD, custos generalizados e mapas de carregamento/saturação do PNL/PIT); avançamos ao Cenário A, no qual esse espelho do presente é confrontado com a experiência de quem opera, regula e demanda a infraestrutura, produzindo um diagnóstico validado, proporcional e acionável; derivamos, então, o Cenário B, que organiza melhorias de eficiência sobre a base instalada, com responsabilidades claras, métricas de entrega e critérios pragmáticos de priorização; elevamos a ambição no Cenário C, reunindo objetivos que exigem novas competências institucionais, tecnológicas e de infraestrutura para alterar estruturalmente a trajetória de desempenho; e, por fim, estruturamos o Cenário D, dedicado à vigilância de sinais fracos e tendências disruptivas com gatilhos objetivos para migração a pilotos e, quando bem-sucedidos, à carteira C.

O encadeamento –A → A → B → C → D foi desenhado para preservar legitimidade técnica e utilidade decisória. Ao ancorar a linha de base em artefatos oficiais, garantimos comparabilidade e traço de origem; ao validar com stakeholders, distinguimos convergências, recalibrações e pedidos de resolução; ao organizar o portfólio B, reduzimos tempo e variância onde há elasticidade imediata; ao especificar o portfólio C, criamos as capacidades que hoje faltam para destravar ganhos sistêmicos; ao monitorar o D, evitamos tanto o voluntarismo quanto a inércia, definindo proxies, limiares e portas de passagem para que sinais com tração virem projetos com contrato, KPIs e governança.

A leitura do capítulo deve ser feita como um manual de execução por cenários. Em “Cenário -A: construção da linha de base que alimenta o diagnóstico” e “Cenário A: validação do diagnóstico presente com stakeholders”, o leitor encontra a base e a validação que sustentam todas as escolhas subsequentes. Em “Cenário B: melhorando o que já conhecemos”, estão as ações de curto e médio prazos com maior tempo-

para-impacto e governabilidade. Em “Cenário C: desenvolvendo novas competências”, aparecem as apostas estruturantes, condicionadas a arranjos regulatórios, financeiros e tecnológicos específicos. Em “Cenário D: antecipando tendências”, está o *pipeline* exploratório com indicadores de vigilância e critérios para acionar pilotos. Por fim, em Recomendações, propomos a arquitetura de execução do FBV — governança leve, cadência de decisões, plataforma de dados e alinhamento contratual/financeiro — para operar o ciclo contínuo $D \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow -A$, de modo que cada rodada de implementação retroalimente o diagnóstico e renove a priorização.

Em síntese, este capítulo desloca o foco do “o que fazer” para o “como entregar com disciplina e aprendizagem”. Ele conecta dados públicos e evidência qualitativa a decisões com responsáveis, métricas e sequenciamento, oferecendo um caminho para que o PNL 2050 avance do anúncio à execução com rastreabilidade, previsibilidade e impacto mensurável.

Cenário -A: construção da linha de base que alimenta o diagnóstico

À luz do Future-Based View (FBV), o Cenário -A reúne a “memória estruturada” que sustenta o diagnóstico do presente (Cenário A) e informa, por contraste, os movimentos de curto, médio e longo prazos (Cenários B–D). Nesta etapa, consolidamos artefatos técnicos oficiais do PNL/PIT 2050 como insumos de referência, preservando sua identidade metodológica e empregando transformações mínimas de organização para fins de validação com os entrevistados e de rastreabilidade no relatório.

Essa curadoria de Cenário -A cumpriu três papéis no desenho FBV do estudo. Primeiro, forneceu um baseline coerente e verificável para as sessões de validação, evitando “reconstruções” paralelas e assegurando traço de origem entre o que foi exibido aos respondentes e o que está documentado publicamente nas Notas Técnicas. Segundo, viabilizou alinhamento semântico: os recortes por corredor/modal/macro produto e as categorias de saturação seguiram a gramática do PNL/PIT, reduzindo ambiguidades na interlocução com gestores e reforçando a comparabilidade inter-entrevistas. Terceiro, estabeleceu a ponte funcional para o Cenário A: os mapas e descrições serviram de “espelho” do presente contra o qual os entrevistados puderam validar, ajustar e qualificar gargalos, fluxos e trechos críticos.

Algumas salvaguardas foram observadas. Tratamos os artefatos como fontes secundárias e, por conseguinte, como um instantâneo temporal da rede—não reestimamos carregamentos, não recalibramos saturações nem revisamos metodologias oficiais. Eventuais limitações inerentes ao ciclo de atualização do PNL/PIT foram explicitadas como tal e, quando pertinente, anotadas para discussão nos capítulos subsequentes (validação, priorização e proposições).

Do ponto de vista conceitual, a opção por ancorar o Cenário -A em artefatos oficiais dialoga com boas práticas em modelagem e planejamento de cargas: utilizar matrizes origem-destino e custos generalizados consolidados como “estado-da-arte” do sistema, antes de avançar para validações qualitativas e construção de cenários (Tavasszy & de Jong, 2014; de Jong et al., 2013). Em termos de método, essa ancoragem melhora a fidelidade externa do diagnóstico e a legitimidade das comparações, condições necessárias para que as etapas seguintes do FBV (A–D) resultem em recomendações acionáveis.

Em síntese, o Cenário -A, aqui entendido como base empírica e cartográfica padronizada, cumpriu sua finalidade FBV: deu lastro técnico ao Cenário A (presente), serviu de referência comum para a captura de

ajustes e novas leituras pelos entrevistados, e preservou a conta corrente metodológica entre o que o sistema já mede e o que o setor percebe—ponto de partida indispensável para a passagem B (eficiência), C (novas competências) e D (sinais fracos/disrupções).

Cenário A: validação do diagnóstico presente com stakeholders

No enquadramento do Future-Based View (FBV), o Cenário A consolida a validação intersubjetiva do diagnóstico do presente: confrontamos os recortes de carregamento e saturação (derivados do PNL/PIT 2050) e o quadro de gargalos com a experiência de quem opera, regula e demanda infraestrutura logística no Brasil. Ao todo, 76 participantes, vinculados a 51 empresas e associações, foram ouvidos em entrevistas on-line entre 03/06/2025 e 29/07/2025, com duração média de 1h30.

Do ponto de vista analítico, seguimos um fluxo qualitativo robusto, ancorado em referências consolidadas. Primeiro, estruturamos uma codificação temática e axial para organizar falas em torno de categorias e subcategorias de gargalos e evidências (Braun & Clarke, 2006; Saldaña, 2021; Strauss & Corbin, 1998). A codificação foi realizada no NVivo combinando códigos dedutivos (mapas e eixos do PNL/PIT) e indutivos (novas regularidades emergentes nas falas). Em paralelo, adotamos uma lente de análise do discurso para qualificar não apenas “o que” foi dito, mas como foi dito — grau de segurança enunciativa, tipo de justificativa, apelo a dados operacionais e escopo (local vs. setorial), evitando a armadilha do mero “voto” por frequência (Wodak & Meyer, 2015). Como salvaguardas de qualidade, mantivemos memos analíticos e um trilha de auditoria (*audit trail*) das decisões de codificação, realizamos sessões de calibração interna de códigos e confeccionamos tabelas descritivas (contagens por categoria, coocorrências, cruzamentos por corredor/modal) em Excel. Não estimamos medida formal de confiabilidade intercodificador (e.g., *kappa*), mas registramos revisões consensuais de código e triangulamos os achados com os artefatos cartográficos do PNL/PIT (Miles et al., 2014; Lincoln & Guba, 1985). O processo de validação operou em três camadas complementares:

- I. Convergência (confirmação do diagnóstico): houve alto grau de acordo sobre pontos críticos já mapeados nos artefatos oficiais — p.ex., acessos portuários (com destaque a Santos e eixos do RJ), corredores rodoviários maduros (BR-101, BR-116, BR-381/262) e gargalos urbanos/metropolitanos. Essas convergências foram marcadas no NVivo e sintetizadas em quadros de “manter” (diagnóstico aderente), preservando o vínculo com os recortes originais.
- II. Recalibração (ajustes de intensidade/escala): emergiram solicitações recorrentes de revisão da espessura/intensidade em trechos e fluxos específicos — p.ex., subestimação do Arco Norte (fluxos de grãos e contrafluxo de fertilizantes), cabotagem a partir da ZFM (eletrônicos/duas rodas, Manaus–Belém) e saturação urbana/portuária percebida como mais grave do que a legenda sugeria. Para estes casos, consolidamos tabelas de “recalibrar”, indicando o gargalo-alvo, o trecho/corredor e a racionalidade empírica trazida pelos participantes (relatos de filas, tempos e custos).
- III. Detalhamento/estratificação (resolução analítica): parte relevante dos feedbacks sustentou a necessidade de granularidade — distinção de tipos de carga (granel sólido/líquido, containerizada, *break bulk*), camadas modais (rodoviário/ferroviário/hidroviário/cabotagem/aéreo) e indicadores cartográficos (direção/destino, escalas padronizadas). Esses pedidos, já discutidos nos capítulos anteriores, foram consolidados como “detalhar” e informam diretamente a agenda metodológica (padrões de legenda, rotas marítimas explícitas, diferenciação de biocombustíveis etc.).

Para dar transparência e parcimônia às decisões, associamos cada item validado a uma marca de prioridade colhida nas entrevistas (escala tipo Likert simples de urgência/relevância mencionada pelos participantes) e a uma evidência qualitativa (citação anonimizada, conforme o protocolo ético). Esta etapa encerra-se com um quadro de validação e pendências organizado em quatro saídas: (i) Itens validados — mantidos como diagnóstico do presente e insumo direto para o Cenário B (eficiência sobre a base existente); (ii) Itens a recalibrar/detalhar/incluir — retornam ao ciclo técnico do Cenário –A/A (ajuste de dados, mapas e tabelas) sem migração de cenário; (iii) Lacunas estruturais identificadas pelos entrevistados (p.ex., necessidade de ativo/serviço inexistente, mudança de governança) — tratadas como hipóteses para o Cenário C, pois exigem novas competências além da correção do diagnóstico; (iv) Sinais fracos — temas com baixa evidência, mas potencial impacto, que entram em vigilância no Cenário D. Assim, apenas o que ultrapassa a esfera de ajuste do presente é projetado para C/D; todo o restante permanece no loop –A/A até convergir.

Importa destacar que o uso dos insumos do PNL/PIT 2050 se deu como referência pública de estado da arte, devidamente citada, preservando o traço metodológico original (matrizes OD, custos generalizados, lógicas de acesso e hinterlândia). Nosso papel, aqui, foi testar o espelho do presente com quem decide e opera, aplicar critérios explícitos de validação, e documentar ajustes de forma reproduzível. Esse arranjo fortalece a validade externa do diagnóstico (os mapas “conversam” com a operação) e a utilidade decisória (as prioridades ganham justificação empírica e discursiva).

Em suma, no nosso enquadramento FBV, o Cenário A não projeta todas as pendências para cenários futuros. Seus produtos se distribuem assim: (i) itens validados → insumo direto para o Cenário B (ganhos de eficiência sobre a base existente); (ii) itens a recalibrar/detalhar/incluir → retornam ao ciclo técnico –A/A até convergirem (não são matéria de cenário); (iii) lacunas estruturais explicitadas nas entrevistas (ativo/serviço inexistente, arranjo regulatório ou contratual ausente) → hipóteses para o Cenário C por exigirem novas competências; (iv) sinais fracos/novidades incertas → vigilância no Cenário D. Assim, o Cenário A se encerra com um diagnóstico validado e acionável, separando claramente o que é ajuste do presente do que constitui apostas de futuro.

Cenário B: melhorando o que já conhecemos

No enquadramento do Future-Based View (FBV), o Cenário B consolida uma agenda de curto e médio prazos orientados a extrair ganhos de desempenho da base instalada. Trata-se de “fazer melhor com o que já existe”: remover atritos operacionais, reduzir tempo e variância, padronizar procedimentos e reforçar capacidades institucionais. A síntese apresentada neste subcapítulo resulta da triangulação entre o diagnóstico validado no Cenário A e as propostas recorrentes dos entrevistados, sempre com a indicação explícita do gargalo visado e do agente com competência primária para execução.

No plano físico, a ênfase recai sobre intervenções de engenharia de baixa a média complexidade que elevam confiabilidade. A adequação de rodovias — recuperação funcional, correções geométricas e alargamentos pontuais — reduz descontinuidades em eixos troncais e mitiga a variância de tempo associada a trechos críticos. Em paralelo, a melhoria dos acessos externos aos portos, combinada a ajustes intra-portuários (pátios, vias internas, utilidades), atua sobre o elo onde filas e *demurrage* emergem com maior frequência. A integração porto-ferrovia, com ligações dedicadas, pátios de recepção e facilidades de transbordo, completa o conjunto ao encurtar o “last mile” e estabilizar o escoamento. Em corredores hidroviários, sinalização, balizamento e manutenção de canais ampliam janelas operacionais e reduzem cancelamentos

sazonais. Em todos esses casos, a atribuição de responsabilidades é clara: Ministério dos Transportes e DNIT ou concessionárias nas rodovias; autoridades portuárias e operadoras ferroviárias nas conexões porto-ferrovia; DNIT e ANA nas hidrovias.

A dimensão regulatória e de governança aparece como condição de possibilidade para que os ganhos físicos se materializem em eficiência sistêmica. O fortalecimento regulatório e a modernização da fiscalização — com foco em risco e coordenação interagências — reduzem a incerteza jurídica e o custo de conformidade. A modelagem e a regulação de concessões, quando ajustadas para alinhar incentivos (cláusulas de desempenho, mecanismos de reequilíbrio, destinação de outorga a investimentos), aumentam previsibilidade e *accountability* contratual. O licenciamento ambiental com fases, prazos e checklists definidos encurta ciclos decisórios sem diluir salvaguardas, enquanto a simplificação aduaneira e a consolidação processual no comércio exterior diminuem tempos mortos e retrabalho. Em termos de agentes, há um núcleo governamental bem definido: ANTT e ANTAQ no setor regulado; Receita Federal/Coana no aduaneiro; IBAMA e órgãos estaduais no licenciamento, em coordenação com o Ministério dos Transportes e o Ministério de Portos e Aeroportos.

Os ganhos de processo e dados completam o tripé. A digitalização e a automação de rotinas operacionais e administrativas — quando acompanhadas de integração de sistemas por APIs e de janelas únicas — atacam redundâncias documentais, inconsistências de cadastro e assincronias entre atores. Em paralelo, a implantação de rastreabilidade e telemetria em cargas e ativos cria visibilidade ponta a ponta, viabilizando planejamento mais fino, resposta rápida a incidentes e, não menos importante, integração de informações privadas com centros públicos de comando e controle. Aqui, a governança é necessariamente compartilhada: Receita/Secex e autoridades setoriais na padronização de dados; empresas e operadores na implantação e na interoperabilidade.

Segurança pública e patrimonial têm papel transversal. O uso de CFTV, OCR/isca e telemetria, combinado a protocolos de atuação integrada (PRF, polícias estaduais e órgãos fazendários), previne ocorrências, encurta tempos de resposta e reduz o custo de seguro e de escolta. Em termos de capital humano, programas de capacitação técnica e comportamental, somados a medidas de atração e retenção (condições de jornada, benefícios e segurança no trabalho), contribuem para estabilizar a capacidade operacional, especialmente no transporte rodoviário. A implantação de pontos de parada seguros e certificados em eixos troncais, além de cumprir requisitos legais, atua diretamente na produtividade, na segurança e na redução do risco operacional.

A priorização dessa agenda pode ser orientada por quatro critérios pragmáticos. Primeiro, o tempo-para-impacto: intervenções com obra simples e licenciamento equacionado em acessos portuários e correções geométricas devem abrir a fila. Segundo, a intensidade de CAPEX e a razão benefício-custo: é preferível atacar “gargalos curtos” que destravam volumes significativos. Terceiro, a governabilidade: ações com competências claramente alocadas e baixa dependência de coordenações raras tendem a ser implementadas com maior previsibilidade. Quarto, a elasticidade logística: medidas que reduzam variância e tempo em corredores de alto valor/volume maximizam o efeito agregado sobre custos e competitividade.

Tabela 55: FBV - Cenário B

Objetivo Estratégico (B)	Descrição	Gargalo que Visa Solucionar	Agente que deve atuar
<i>Adequação de Rodovias</i>	Reforço e melhoria de rodovias existentes (recuperação, alargamentos pontuais, correções geométricas) para elevar capacidade e confiabilidade.	Infraestrutura Precária – Rodovias	Ministério dos Transportes/DNIT ou Concessionárias
<i>Fortalecimento Regulatória e Fiscalização</i>	Reforçar capacidade regulatória e modernizar a fiscalização (critérios, foco em risco, coordenação entre órgãos) para reduzir insegurança e custos de conformidade.	Regulação e Burocracia – Insegurança Jurídica/Fiscalização	ANTT/ANTAQ/PRF/Receita Federal (conforme o caso)
<i>Monitoramento e Rastreio de Segurança</i>	Uso de CFTV, telemetria, OCR/isca e monitoramento em tempo real para prevenir incidentes, localizar cargas e apoiar resposta rápida.	Segurança – Roubos e Furtos	Secretarias Estaduais de Segurança/PRF
<i>Adequação Portuária</i>	Intervenções em infraestrutura portuária existente (pátios, acessos internos, utilities) para ganhos de eficiência e fluxo.	Infraestrutura Precária – Portos	Autoridade Portuária (S.A. ou Autoridade Portuária Pública) e Terminais de Uso Privado (TUPs)
<i>Digitalização e Automação de Processos</i>	Digitalizar fluxos e automatizar rotinas operacionais e administrativas para reduzir tempo, erros e custos.	Regulação e Burocracia – Digitalização	RFB/Secex + Autoridades Setoriais (ANTT/ANTAQ)
<i>Licenciamento Ambiental Ágil</i>	Racionalizar o licenciamento com prazos, fases e checklists claros para encurtar ciclos sem reduzir salvaguardas.	Regulação e Burocracia – Licenciamento	IBAMA/Órgão Ambiental Estadual (com coordenação do MMA)
<i>Integração Multimodal (Obras)</i>	Obras físicas para conectar modais (entroncamentos, retroáreas, facilidades de	Multimodalidade – Obras de Integração	Ministério dos Transportes/Concessionárias

	transbordo) e otimizar corredores logísticos.		
<i>Integração Porto–Ferrovia</i>	Eliminação de gargalos entre pátios/berços e a malha ferroviária, com ligações dedicadas e capacidade de transbordo eficiente.	Multimodalidade – Integração last-mile	Concessionária Ferroviária (em coordenação com Autoridade Portuária e TUPs)
<i>Adequação Hidroviária</i>	Melhorias em trechos navegáveis (sinalização, manutenção de canais) para elevar previsibilidade e janelas operacionais.	Infraestrutura Precária – Hidrovias	DNIT/ANA (balizamento e dragagem)
<i>Simplificação Aduaneira/Comex</i>	Integrar e simplificar procedimentos de comércio exterior (Portal Único/Siscomex) para reduzir tempo e retrabalho.	Regulação e Burocracia – Complexidade Aduaneira	Receita Federal do Brasil (Coana)
<i>Rastreabilidade e Telemetria</i>	Implantar tracking/telemetria e monitoramento em tempo real de cargas e ativos para aumentar visibilidade e segurança.	Segurança – Visibilidade Operacional	Empresas + SSP/PRF (integração de dados)
<i>Integração de Sistemas/Plataformas</i>	Interoperar sistemas públicos e privados por APIs/janelas únicas, consolidando dados e eliminando retrabalho.	Regulação e Burocracia – Interoperabilidade	Autoridade Portuária/ANTT/ANTAQ (governança de dados)
<i>Modelagem e Regulação de Concessões</i>	Aprimorar modelagens, prazos e cláusulas contratuais (flexibilização, reequilíbrio, destinação de outorga) para alinhar incentivos e acelerar entregas.	Plano de Estado – Governança de Concessões	ANTT/Ministério dos Transportes/ANTAQ/Ministério de Portos e Aeroportos
<i>Capacitação e Qualificação Profissional</i>	Treinamentos técnicos e comportamentais continuados para elevar produtividade e segurança operacional.	Mão de Obra – Formação	SEST SENAT/SENAI + Empresas
<i>Coordenação de Segurança Pública</i>	Integração entre PRF, polícias Federal/Civil/Militar e órgãos fazendários em	Segurança – Coordenação interagências	MJSP (SENASP)

	operações e centros de comando conjuntos.		
<i>Condições de Trabalho e Retenção</i>	Medidas para atrair e reter profissionais (pontos de descanso, jornada adequada, benefícios e segurança no trabalho).	Mão de Obra – Retenção	Empresas Transportadoras (com apoio SEST SENAT)
<i>Pontos de Parada de Caminhoneiros</i>	Implantação/expansão de pontos de descanso com serviços e segurança para motoristas em eixos troncais.	Infraestrutura de Apoio – Segurança/Conformidade	Concessionária Rodoviária (obrigação contratual)
<i>Acessos aos Portos (Rod./Ferr.)</i>	Melhorias dos acessos externos rodoviários e ferroviários aos portos para reduzir filas e aumentar a fluidez.	Infraestrutura Precária – Acessos Portuários	Ministério dos Transportes (em coordenação com Autoridade Portuária, Concessionárias, DNIT, ANTAQ, ANTT e Ministério de Portos e Aeroportos)

Fonte: FDC (2025)

Para acompanhamento, recomendamos famílias de indicadores que preservem comparabilidade sem sufocar a gestão com métricas excessivas. No eixo de fluidez, tempos médios e variâncias de acesso a portos e terminais, bem como tempos de ciclo no comércio exterior, permitem verificar se as intervenções estão entregando confiabilidade. No eixo portuário, filas e *demurrage*, além da confiabilidade de janelas e slots, capturam o efeito de ajustes internos e de integração porto–ferrovia. Em segurança, a incidência de eventos por volume movimentado e os tempos de resposta oferecem leitura direta do risco residual. Em processos e dados, a proporção de operações 100% digitais e a cobertura de integração por API sinalizam maturidade de interoperabilidade. Em capital humano, a utilização de pontos de parada certificados, a observância de horas de direção/descanso e a rotatividade por função iluminam a sustentabilidade operacional. Finalmente, em concessões, marcos de CAPEX e níveis de serviço contratados funcionam como régua pública de entrega.

Do ponto de vista do FBV, os objetivos aqui consolidados pertencem inequivocamente ao domínio B porque operam sobre a oferta e a governança existentes, sem exigir novas competências estruturais. Ainda assim, muitos deles criam as condições para transições de maior porte: interoperabilidade de dados, integração física e padronização regulatória reduzem custos de *option value* e preparam o terreno para apostas de cenário C; sistemas de monitoramento e centros integrados de comando, por sua vez, ajudam a capturar sinais fracos do cenário D. Em outras palavras, a agenda de eficiência não é apenas um fim em si: ela é a ponte que liga o presente validado a trajetórias factíveis de transformação, com responsabilidades definidas, métricas observáveis e uma lógica explícita de priorização.

Cenário C: desenvolvendo novas competências

No enquadramento do Future-Based View (FBV), o Cenário C reúne os objetivos estratégicos que exigem a criação de novas competências — institucionais, tecnológicas e de infraestrutura — para alterar de maneira

estrutural a trajetória de desempenho do sistema logístico. Diferentemente do Cenário B (eficiência sobre a base instalada), aqui tratamos de capacidades inexistentes ou claramente insuficientes, cuja implantação demanda arranjos regulatórios específicos, financiamento de longo prazo, coordenação interagências e governança continuada. As propostas consolidadas a partir das entrevistas apontam quatro frentes sinérgicas: (i) integração física multimodal via projetos *greenfield*, (ii) capacidade institucional para coordenar e financiar, (iii) plataformas tecnológicas de dados e janelas únicas, e (iv) expansão de capacidade portuária e aeroportuária, com marcos regulatórios habilitadores.

A primeira frente diz respeito à integração física estruturante. A criação de acessos dedicados porto–ferrovia (*greenfield*) e de conexões hidrovía–ferrovia estratégicas emerge como condição para migrar volumes relevantes hoje dependentes do rodoviário e, ao mesmo tempo, reduzir variância de tempo e custo por escala. São iniciativas que não se confundem com ajustes de “última milha”: implicam novas ligações físicas e operacionais entre pátios, berços e malhas ferroviárias, bem como nós de transbordo capazes de manter produtividade sob diferentes regimes de demanda. Nessa agenda, a liderança setorial de Portos e Aeroportos (na articulação porto–terminal) e a coordenação com Transportes (malha ferroviária e governança de corredores) são decisivas para transformar o diagnóstico de multimodalidade em competência instalada.

A segunda frente envolve capacidade institucional e financeira. As falas convergem para a necessidade de estruturar um *pipeline* contínuo de PPPs e concessões *greenfield*, abrangendo rodovias, acessos e projetos multimodais. Isso significa construir, no âmbito do Ministério dos Transportes, um fluxo previsível de projetos com contratos orientados a desempenho, regras claras de reequilíbrio e uma matriz de riscos compatível com a participação privada. O mesmo raciocínio vale para projetos de capacidade portuária, a serem coordenados pelo Ministério de Portos e Aeroportos: sem *pipeline*, a competição nos leilões cai, o custo de capital sobe e os prazos escorregam. Em paralelo, a instituição de uma autoridade ou conselho nacional de logística, com mandato para priorizar corredores, arbitrar conflitos e destravar licenças, e a adoção de uma política nacional integrada de logística — revisitada em ciclos regulares, com metas, cronogramas e responsabilização — formam o núcleo de governança que sustenta o restante da agenda C.

A terceira frente cria o substrato tecnológico para coordenação sistêmica. A implantação de uma plataforma nacional de dados e sistemas logísticos, interoperando bases públicas e privadas por APIs e janelas únicas, endereça diretamente os gargalos de informação que hoje fragmentam decisões de planejamento, fiscalização e operação. Complementarmente, a implantação de um portal único aduaneiro/logístico (*single window*) — que integre e simplifique procedimentos do comércio exterior — internaliza, no plano processual, o ganho de coordenação obtido no plano tecnológico. Ambas as iniciativas exigem patrocínio do Ministério dos Transportes, com participação de autoridades setoriais e fazendárias; mais importante, exigem novas competências de governança de dados (padrões, catálogos, APIs, segurança e privacidade), hoje dispersas.

A quarta frente trata de capacidade física *greenfield* onde a elasticidade do sistema está esgotada. A implantação de novos terminais portuários de contêineres (via licitações públicas e privadas) e a construção de um aeroporto cargueiro dedicado na região metropolitana de São Paulo respondem a pressões de demanda e à necessidade de separar fluxos para ganhar regularidade operacional. Não se trata de “crescimento por crescer”, mas de expandir com desenho operacional (acessos dedicados, retroáreas, *slots/slots* de carga, integração ferroviária) para que a capacidade nominal se traduza em capacidade efetiva. Por fim, diante do papel estruturante dos graneis líquidos e de combustíveis, a reforma do licenciamento para implantação de novos dutos — com marcos procedimentais específicos para faixa de domínio e prazos

vinculantes — constitui um habilitador regulatório sem o qual a agenda de dutos permanece inviável pelos atuais horizontes de 10–12 anos.

Algumas iniciativas podem aparecer, à primeira vista, como “B” (eficiência), mas foram classificadas como “C” pela escala e pela novidade institucional. É o caso da rede nacional de pontos de parada seguros: há experiências locais e obrigações contratuais, mas o que se propõe é uma malha nacional coordenada, com certificação, integração a centros de comando e padrões de serviço — ou seja, uma nova competência logística de segurança e bem-estar operacional, liderada por Transportes em articulação com concessões e segurança pública.

Tabela 56: FBV - Cenário C

Objetivo Estratégico (C)	Descrição	Competência Nova	Gargalo Alvo	Agente Responsável
<i>Criar acessos dedicados porto–ferrovia (greenfield)</i>	Eliminação de gargalos entre pátios/berços e a malha ferroviária, com ligações dedicadas e capacidade de transbordo eficiente.	Infraestrutura	Multimodalidade	Ministério dos Transportes e Ministério de Portos e Aeroportos
<i>Criar conexões hidrovía–ferrovia estratégicas</i>	Conexões físicas e operacionais entre terminais hidroviários e a ferrovia para ampliar previsibilidade e ganho de escala em fluxos a granel.	Infraestrutura	Multimodalidade	Ministério dos Transportes e Ministério de Portos e Aeroportos
<i>Implantar plataforma nacional de dados/sistemas logísticos</i>	Interoperar sistemas públicos e privados por APIs/janelas únicas, consolidando dados e eliminando retrabalho.	Tecnologia	Inovação, Tecnologia e Digitalização	Ministério dos Transportes
<i>Estruturar pipeline de PPPs/concessões greenfield</i>	Ampliação e qualificação de concessões de rodovias (novos lotes, duplicações, revisão tarifária) para elevar capacidade e nível de serviço.	Regulação/Governança	Concessões	Ministério dos Transportes e Ministério de Portos e Aeroportos
<i>Estruturar pipeline de PPPs/concessões greenfield</i>	Uso de parcerias público-privadas para viabilizar projetos logísticos multimodais e acelerar investimentos com adequada alocação de riscos.	Regulação/Governança	Concessões	Ministério dos Transportes e Ministério de Portos e Aeroportos

<i>Estruturar pipeline de PPPs/concessões greenfield</i>	Uso de PPPs/concessões para mobilizar capital privado e acelerar obras, com contratos orientados a desempenho e mecanismos de reequilíbrio previsíveis.	Regulação/Governança	Financiamentos e Investimentos	Ministério dos Transportes e Ministério de Portos e Aeroportos
<i>Instituir autoridade/conselho nacional de logística</i>	Criação de órgão/conselho com mandato para coordenar atores, arbitrar prioridades e destravar gargalos.	Regulação/Governança	Plano de Estado	Ministério dos Transportes e Ministério de Portos e Aeroportos
<i>Instituir política nacional integrada de logística</i>	Elaboração e atualização de plano/estratégia nacional de logística com prioridades, cronogramas e responsabilidades.	Regulação/Governança	Plano de Estado	Ministério dos Transportes e Ministério de Portos e Aeroportos
<i>Implantar rede nacional de pontos de parada seguros</i>	Implantação/expansão de pontos de descanso com serviços e segurança para motoristas em eixos troncais.	Infraestrutura	Segurança	Ministério dos Transportes
<i>Implantar portal único aduaneiro/logístico (Single Window)</i>	Integrar e simplificar procedimentos de comércio exterior (Portal Único/Siscomex) para reduzir tempo e retrabalho.	Tecnologia	Regulação e Burocracia	SECEX/MDIC; RFB
<i>Implantar novos terminais portuários de contêineres (greenfield)</i>	Fomentar novos terminais de contêineres, via licitações públicas e privadas, para atender à demanda crescente.	Infraestrutura	Capacidade Portuária	Ministério de Portos e Aeroportos
<i>Construir novo aeroporto cargueiro em São Paulo</i>	Planejar e construir novo aeroporto para desafogar Guarulhos e Congonhas e suportar o crescimento da demanda.	Infraestrutura	Aeroportos	Ministério de Portos e Aeroportos
<i>Reformar o licenciamento para implantação de novos dutos</i>	Criar legislação ou procedimentos específicos para reduzir os prazos de liberação de faixas de domínio de dutos, que atualmente chegam a 10-12 anos.	Regulação/Governança	Regulação e Burocracia	Ministério de Minas e Energia

Fonte: FDC (2025)

A execução do Cenário C requer sequenciamento explícito. Inverte-se a lógica habitual do “obra primeiro, governança depois”: (1) instituir governança e plano (autoridade/conselho e política nacional com metas), (2) habilitar financeiramente (*pipeline* de PPPs/concessões com matriz de riscos e cláusulas de desempenho), (3) habilitar juridicamente (reforma do licenciamento de dutos e diretrizes para acessos dedicados e integrações), (4) habilitar tecnologicamente (plataforma nacional de dados e *single window*), e só então (5) implantar os ativos *greenfield* (acessos porto–ferrovia, conexões hidro–ferro, novos terminais e o aeroporto cargueiro). Esse encadeamento reduz risco de execução e aumenta a probabilidade de que a nova capacidade entregue confiabilidade sistêmica, não apenas metros de obra.

Para acompanhamento, os indicadores devem refletir a natureza de competência: no eixo institucional, “tempo do papel” (prazo médio de estruturação de concessões, número de projetos no *pipeline*, marcos cumpridos) e “tempo do processo” (prazo de licenciamento por fase em dutos e acessos). No eixo tecnológico, grau de interoperabilidade (órgãos e operadores ativos em API, disponibilidade/*uptime*, volume de transações de *single window*) e redução de variância em tempos de ciclo associados a pontos de integração. No eixo físico, capacidade entregue versus planejada e impacto de rede (mudança de participação modal, redução de filas/*demurrage*, confiabilidade de *slots*/janelas). E, na rede de pontos de parada, cobertura por corredor, uso e efeitos de segurança.

Finalmente, na lógica do FBV, o Cenário C é intencionalmente transicional. Ao introduzir novas competências e ativos, cria uma base que, operacionalizada e otimizada, migra para o domínio B (eficiência recorrente) e, com o tempo, redefine o A (presente validado). Por isso, cada iniciativa aqui descrita já nasce com um “plano de domesticação”: padrões de serviço, KPIs de regularidade, rotinas de governança e ciclo de revisões. No nosso uso da FBV, C não é sinônimo de “obra nova”; é sinônimo de capacidade nova. Iniciativas *greenfield* que cabem nos instrumentos já dominados (ex.: concessões ferroviárias/portuárias com modelagem padrão, *funding* e governança correntes) pertencem ao Cenário B — tratam-se de execução e eficiência sobre arcabouço existente. O Cenário C fica reservado ao que requer novas competências institucionais ou tecnológicas (p.ex., modelo contratual inédito com pagamento por desempenho intermodal, VTS/CCOS hidroviário nacional, “single window” logística com governança multiórgão e dados mandatórios, hubs públicos de risco com interoperabilidade em tempo quase real, certificação nacional de PPS/estacionamentos seguros, ou metodologias de avaliação de risco cumulativo no licenciamento). Assim, C cria a capacidade; B escala e otimiza; e, uma vez domesticadas, essas capacidades redefinem o A (presente validado).

Cenário D: antecipando tendências

No enquadramento da Future-Based View (FBV), o Cenário D congrega sinais fracos e tendências potencialmente disruptivas que, embora ainda nebulosos em tecnologia, arcabouço regulatório ou modelo de negócio, já apontam direções com alto poder de reconfigurar custos, tempos, variância e governança logística. O objetivo não é “prever o futuro”, mas instituir um sistema de escuta ativa, com indicadores de monitoramento, para que o planejamento público–privado antecipe movimentos e, quando o sinal ganhar tração, converta-o em hipótese de competência (C) com desenho de pilotos, contratos e KPIs de desempenho.

Para aumentar a consistência analítica, reunimos sinais análogos em famílias e definimos, para cada uma, (i) a tese de impacto operacional, (ii) os *proxies* que indicam aceleração (o “barulho” do sinal), e (iii) o gargalo

atual que a tendência pode mitigar. A seguir, descrevemos as famílias resultantes — deduplicando entradas equivalentes (por exemplo, “Veículos autônomos” e “Automação e caminhões autônomos”) e harmonizando terminologias (“Uso de drones” e “uso de drones e IA para entregas urbanas”).

Automação rodoviária de carga (L3/L4) — A hipótese central é que veículos pesados com automação avançada ampliem produtividade (mais horas úteis/dia, menor variância em cruzeiro), reconfigurando janelas e escalas de atendimento e reduzindo pressão sobre a oferta de motoristas. Como *proxies*, acompanharemos: autorização de pilotos L3/L4 por ANTT/Contran; projetos-piloto em rotas *long-haul* fixas com OEMs e grandes operadores; trajetória de custo de sensores/seguro e a emergência de apólices dedicadas. O gargalo visado é duplo: escassez/rotatividade de motoristas e baixa produtividade em trechos de cruzeiro.

Automação aérea de última milha (BVLOS, drones + otimização algorítmica) — Para itens leves/urgentes em centros densos, drones com voos BVLOS e despacho otimizado podem reduzir tempos, contornar restrições urbanas/zonas de silêncio e criar novos hubs periurbanos. Os *proxies* incluem autorizações BVLOS em escala por ANAC/DECEA, operações regulares (corredores hospitalares, e-commerce de alto valor), e contratos entre 3PLs e operadores de drones. O gargalo-alvo está em congestionamentos urbanos e restrições regulatórias de circulação.

Inteligência preditiva para confiabilidade operacional — A difusão de sistemas preditivos integrados (planejamento de janelas/*slots* portuários, TMS/WMS com dados em tempo real) promete reduzir estoques de segurança e variância de *lead times*. Monitoraremos: expansão de APIs de dados operacionais (portos, concessões, Receita/Secex), KPIs de erro preditivo (e.g., MAPE) em cadeias críticas, e a presença de camadas preditivas em plataformas públicas (*single window* e centros de comando). O gargalo visado é a baixa previsibilidade ponta a ponta.

Elegibilidade ferroviária em finanças climáticas — O reconhecimento formal das ferrovias como ativo “verde” em taxonomias nacionais e multilaterais pode destravar CAPEX com custo de capital menor, acelerando modal shift. Sinais a acompanhar: inclusão explícita em taxonomias verdes (nacionais/OCDE), emissões de green bonds/SLB ligados a projetos ferroviários e aprovações em fundos climáticos. O gargalo endereçado é a restrição de financiamento em projetos greenfield de longa maturação.

Resiliência climática e planos de contingência — A maior frequência de eventos extremos impõe planos de continuidade e redundâncias operacionais por corredor. *Proxies*: tendência de interrupções reportadas (DNIT/PRF/autoridades portuárias), prêmios de seguro por corredor e exigências contratuais de continuidade em concessões e regulações setoriais (ANTT/ANTAQ). O gargalo mira interrupções logísticas por desastres, com impacto sistêmico em confiabilidade.

Integração bioceânica (Peru, rota Pacífico) — A hipótese é que corredores multimodais andinos viabilizem desvio de rotas para o Pacífico em cargas tempo-sensíveis (reduções de 10–12 dias na Ásia), com hinterlândias reconfiguradas e novos nós interiores/fronteiriços. *Proxies*: marcos de obras nos eixos andinos, acordos bilaterais vigentes e serviços regulares (pilotos comerciais de fluxos MT-Pacífico). O gargalo atacado é a dependência de rotas longas atlânticas para Ásia.

Tabela 57: FBV - Cenário D

Sinal/Trend (Cenário D)	Descrição sintética	Possíveis impactos	Como monitorar (proxy/indicadores)	Gargalo associado
<i>Elegibilidade Ferroviária em Fundos Climáticos</i>	Permitir que ferrovias sejam financiadas por fundos climáticos, como o Fundo do Clima, aproveitando a vantagem de reduzir emissões em relação ao transporte rodoviário.	Destrua CAPEX ferroviário via instrumentos verdes. Acelera <i>modal shift</i> (rodovia→ferrovia/hidrovia). Reduz custo de capital e risco regulatório em greenfield	Inclusão formal de ferrovias em taxonomias verdes nacionais/OCDE. Emissão de <i>green bonds</i> /SLB vinculados a ferrovias. Aprovação de projetos ferroviários em fundos climáticos multilaterais	Falta de Financiamento Público
<i>Veículos autônomos</i>	Incentivar o desenvolvimento e uso de veículos autônomos, priorizando veículos de carga pesada para rodar continuamente sem paradas obrigatórias.	Aumento de produtividade (horas úteis/dia, velocidade média). Mudança estrutural na demanda de motoristas e perfis ocupacionais. Reconfiguração de janelas de atendimento e escalas logísticas	Pilotos L3/L4 autorizados pela ANTT/Contran/ANAC. Parcerias OEMs–operadores para rotas fixas <i>long-haul</i> . Queda de custo de sensores/lidar e seguro para frotas autônomas	Escassez de motoristas e baixa produtividade
<i>Uso de drones e IA para entregas urbanas</i>	Adotar drones e inteligência artificial para agilizar entregas urbanas, reduzindo impacto de congestionamentos e leis de silêncio.	Mudança no <i>last mile</i> para itens leves/urgentes. Pressão por zonas aéreas dedicadas e integração com hubs urbanos. Novos requisitos de segurança e rastreabilidade	Autorizações BVLOS em escala comercial pela ANAC/DECEA. Operações regulares em rotas periurbanas/hospitalares. Contratos de 3PLs com operadores de drones	Congestionamentos e restrições urbanas
<i>Uso de Inteligência Artificial em Previsões</i>	Aplicar IA para prever gargalos, atrasos e otimizar rotas, aumentando a resiliência da cadeia.	Redução de estoques e de variância de lead time. Aumento da confiabilidade dos SLAs intermodais. Melhor alocação dinâmica de capacidade (TMS/WMS integrados)	Adoção de APIs de dados operacionais em tempo real por grandes embarcadores. Sistemas preditivos integrados a janelas/ <i>slots</i> portuários. KPIs de erro de previsão (MAPE) caindo em cadeias críticas	Falta de previsibilidade na cadeia logística
<i>Planos de Contingência para Desastres Naturais</i>	Criar planos de backup e contingência para manter operações logísticas durante crises climáticas.	Redução do tempo de recuperação pós-evento (MTTR). Menor ruptura de corredores críticos em cheias/secas. Internalização de riscos climáticos em contratos logísticos	Aumento da frequência de interrupções reportadas (DNIT/PRF/portos). Prêmios de seguro de transporte variando por corredor. Planos de continuidade exigidos em concessões e ANTT/ANTAQ	Interrupções logísticas por eventos climáticos extremos

<i>Integração logística com o Peru (rota bioceânica)</i>	Acompanhar oportunidades de escoamento/recebimento via sistema de dutos da PetroPerú e conexões ferroviárias logísticas, com potencial de reduzir <i>lead time</i> para a costa do Pacífico em fluxos específicos de derivados de petróleo e grãos.	Desvio de rotas para o Pacífico em commodities tempo-sensíveis. Redução de <i>transit time</i> para Ásia e reconfiguração de hinterlândias. Novos nós logísticos interiores e fronteiriços	Marcos de obra em eixos andinos e acordos bilaterais em vigor. Primeiros serviços regulares multimodais para o Pacífico. Volumes-piloto em fluxos MT–Pacífico reportados por terminais. Marcos regulatórios e de investimento da PetroPerú, capacidade disponível, acordos operacionais transfronteiriços e primeiros volumes-piloto reportados.	Dependência de rotas longas para exportação à Ásia
--	---	--	--	--

Fonte: FDC (2025)

Para evitar tanto o imobilismo (esperar que “madure sozinho”) quanto o entusiasmo não testável, propomos um pipeline D→C com portas de passagem observáveis:

- I. Vigilância estruturada: cada família de sinal mantém um painel trimestral com seus proxies (ex.: nº de pilotos L3/L4 autorizados, *uptime* de APIs, emissões verdes aprovadas, frequência de interrupções climáticas).
- II. Gatilho de ensaio: se dois ou mais *proxies* numa família cruzarem limiares de tração (p.ex., três pilotos L3/L4 operando comercialmente; *single window* com ≥70% de integrações críticas; inclusão ferroviária em taxonomia + 1 *green bond* emitido), o sinal move-se a “ensaio controlado”: pilotos regulatórios, sandbox e contratos orientados a evidências.
- III. Design de competência: o ensaio especifica recursos e rotinas requeridos (tecnologia, operação, regulação, seguro, padrões de dados), KPIs de desempenho (tempo, variância, segurança, custo) e condições de escalonamento (regra clara para expandir, pausar, abortar).
- IV. Governança e *accountability*: cada ensaio tem patrocinador público (órgão setorial) e cogestão privada (operador/embarcador), com transparência de dados e relatório de lições aprendidas.

Esse encadeamento mantém a agilidade exploratória do Cenário D sem perder o rigor exigido para mover recursos públicos e privados em direção ao Cenário C.

Ainda que as famílias acima não compitam diretamente entre si, há dependências claras: inteligência preditiva e plataformas de dados são capacitadores dos ensaios de automação rodoviária e aérea (telemetria, geofencing, integração com fiscalização e janelas portuárias). Por sua vez, finanças climáticas para ferrovias têm melhor probabilidade de materialização se projetos ferroviários “C” (acessos dedicados, conexões hidro–ferro) estiverem tecnicamente maduros. Resiliência climática é transversal e, na prática, condiciona o redesenho de SLAs e de seguros em todos os corredores.

Para priorizar, sugerimos um duplo critério: (i) alcance sistêmico (quantos corredores, quantos atores e qual a elasticidade de custo/tempo atingida), e (ii) barra regulatória (o quanto de mudança normativa é necessário). Assim, inteligência preditiva e vigilância climática tendem a ser “fertilizantes” de alto alcance

com barreiras regulatórias moderadas; automação L3/L4 e BVLOS têm alto alcance, porém exigem trajetórias regulatórias mais complexas; finanças verdes ferroviárias têm alto alcance, mas pedem coordenação interministerial e pipeline robusto; a rota bioceânica traz alcance estratégico, condicionado por diplomacia, obras andinas e viabilidade comercial.

Em síntese, este subcapítulo fecha o ciclo do FBV: o diagnóstico validado (A) e a agenda de eficiência (B) convivem com uma carteira de apostas informadas (D); quando os sinais cruzarem limiares objetivos, viram projetos de competência (C), com pilotos e governança definidos. Assim, evitamos tanto a paralisia quanto o voluntarismo e mantemos o PNL 2050 em rota de aprendizagem contínua, capaz de adaptar-se — e liderar — a transformação logística que já desponta no horizonte.

Recomendações

Encerrada a consolidação dos achados sob a lente da FBV, recomendamos transformar o modelo em arquitetura de execução — não apenas um quadro analítico para diagnóstico. Em termos práticos, isso significa operar o portfólio de ações (B, C e sinais D) como um ciclo contínuo $D \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow -A$, com metas, responsáveis e evidências, de modo que cada rodada de implementação retroalimente o diagnóstico e renove a priorização.

Em primeiro lugar, sugerimos a criação de um Escritório de Execução do PNL (governança leve e interinstitucional) com mandato para: (i) manter o backlog de iniciativas B (eficiência do que já existe) e C (novas competências), (ii) rodar sprints trimestrais de decisão sobre sinais D (o que monitorar, o que ensaiar, o que arquivar), e (iii) publicar painéis de progresso e impacto (tempo, variância, custo, segurança e emissões) por corredor e por modalidade. Esse escritório deve atuar em coordenação com os órgãos setoriais, autoridades portuárias, agências reguladoras e concessionárias, preservando a responsabilização de cada ator pela entrega em campo.

Em segundo lugar, recomendamos utilizar o próprio FBV como método de planejamento e de execução: cada objetivo estratégico B deve ter hipótese causal explícita, KPI-alvo e horizonte de maturação; cada objetivo C deve iniciar em ensaio controlado (piloto regulatório, sandbox, contrato orientado a desempenho) com critérios claros de escalonamento ou descontinuidade; e cada família de sinais D precisa de um quadro de vigilância (*proxies*, limiares, gatilhos), de modo que o momento de “virar C” seja objetivo e auditável. Essa disciplina evita tanto o voluntarismo quanto a inércia.

Terceiro, recomendamos institucionalizar uma plataforma de dados para execução (não apenas para diagnóstico): integração de bases operacionais públicas e privadas por APIs; dicionário de dados comum; e rotinas de versionamento e auditoria das análises (inclusive as realizadas em planilhas, NVivo e scripts de apoio). Essa camada habilita o ciclo de previsão—alocação—ajuste em tempo quase real, favorecendo decisões baseadas em evidência e a reprodutibilidade das avaliações.

Quarto, sugerimos alinhar contratos e instrumentos financeiros ao FBV. Nos arranjos de concessões/PPPs, incluir: (i) metas de desempenho coerentes com os KPIs do portfólio, (ii) mecanismos de reequilíbrio previsíveis para acelerar entregas de alto impacto, e (iii) obrigações de dados (telemetria, *slots*, eventos) para alimentar a plataforma. No eixo de financiamento, priorizar o empacotamento verde de projetos ferroviários

e multimodais (onde couber), explorando taxonomias e títulos sustentáveis, de modo a reduzir custo de capital em iniciativas C com forte retorno sistêmico.

Quinto, recomendamos manter uma agenda de “no-regret moves” — ações B de baixo risco e alto benefício que destravam valor imediato e criam condições para C: manutenção e correção geométrica de trechos críticos, melhorias de acesso portuário, pontos de parada seguros e digitalização de processos em alfândega e fiscalização. Ao mesmo tempo, preparar dois ou três ensaios C prioritários (ex.: integração porto–ferrovia dedicada; conexões hidrovia–ferrovia; *single window* logística) com governança clara, avaliação independente e cronograma de expansão condicionado a resultados.

Sexto, recomendamos uma rotina de escuta estruturada que complemente os dados quantitativos com análise de discurso recorrente junto a stakeholders — renovando percepções sobre gargalos, soluções e sinais emergentes, e garantindo que o portfólio reflita o que de fato acontece “no chão de fábrica”. Essa escuta deve alimentar revisões semestrais do Cenário A e ajustes nas tabelas de priorização.

Por fim, propomos um calendário de atualização do ciclo FBV: (i) trimestral para painéis e decisões sobre sinais D e pilotos C; (ii) semestral para revisão do portfólio B/C por corredor; e (iii) anual para atualização do Cenário –A/A (diagnóstico e base histórica), assegurando coerência com o PNL/PIT vigente. Esse cadenciamento consolida o duplo propósito do FBV: diagnosticar com rigor e executar com adaptação, sustentando um aprendizado institucional contínuo que aproxima a logística brasileira de padrões internacionais de eficiência, confiabilidade e transparência.

Em síntese, nossa recomendação central é usar o FBV de ponta a ponta: do planejamento à execução, da vigilância de sinais à transformação em competências, do piloto ao escalonamento. Ao instituí-lo como método operativo — com governança, dados, contratos e finanças alinhados — o país ganha um mecanismo permanente para antecipar tendências, priorizar investimentos e entregar valor de forma mensurável à sociedade.

REFERÊNCIAS

- Abiquim. (2023). Relatório anual da indústria química brasileira. Associação Brasileira da Indústria Química. <https://abiquim.org.br/publicacoes/publicacao/278>
- Abu-Aisha, T., Audy, J.-F., & Ouhimmou, M. (2024). Toward an efficient sea-rail intermodal transportation system: A systematic literature review. *Journal of Shipping and Trade*, 9(1), 1–27. <https://doi.org/10.1186/s41072-024-00182-z>
- Afshar-Nadjafi, B. (2021). Multi-skilling in scheduling problems: A review on models, methods and applications. *Computers & Industrial Engineering*, 154, 107004. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.107004>
- Airport Cooperative Research Program. (2018). Guidebook on building airport workforce capacity (ACRP Research Report 186). Transportation Research Board. <https://nap.nationalacademies.org/catalog/25263/guidebook-on-building-airport-workforce-capacity?>
- Allen, J., Browne, M., & Cherrett, T. (2012). Investigating relationships between road freight transport, facility location, logistics management and urban form. *Journal of Transport Geography*, 24, 45–57. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.06.010>
- Allen, T., & Arkolakis, C. (2019). The Welfare Effects of Transportation Infrastructure Improvements (NBER Working Paper No. 25487). National Bureau of Economic Research. <https://www.nber.org/papers/w25487>
- Ansell, C., & Gash, A. (2008). Collaborative governance in theory and practice. *Journal of Public Administration Research and Theory*, 18(4), 543–571. <https://doi.org/10.1093/jopart/mum032>
- Ansoff, H. I. (1975). Managing Strategic Surprise by Response to Weak Signals. *California Management Review*, 18(2), 21–33. <https://doi.org/10.2307/41164635>
- Baker, S. R., Bloom, N., & Davis, S. J. (2016). Measuring economic policy uncertainty. *The Quarterly Journal of Economics*, 131(4), 1593–1636. <https://doi.org/10.1093/qje/qjw024>
- Barbosa-Póvoa, A. P. (2012). Progresses and challenges in process industry supply chains optimization. *Current Opinion in Chemical Engineering*, 1(4), 446–452. <https://doi.org/10.1016/j.coche.2012.09.006>
- Barbosa-Póvoa, A. P. (2014). Process supply chains management – Where are we? *Frontiers in Energy Research*. <https://doi.org/10.3390/su11041137>
- Baryannis, G., Validi, S., Dani, S., & Antoniou, G. (2018). Supply chain risk management and artificial intelligence: state of the art and future research directions. *International Journal of Production Research*, 57(7), 2179–2202. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1530476>
- Bayraktar, E. (2024). Unveiling the drivers of global logistics efficiency: Insights for policy and management. *Sustainability*, 16(7), Article 2683. <https://doi.org/10.3390/su16072683>

- Behn, R. D. (2003). Why measure performance? Different purposes require different measures. *Public Administration Review*, 63(5), 586–606. <https://doi.org/10.1111/1540-6210.00322>
- Belton, V., & Stewart, T. (2002). *Multiple criteria decision analysis: An integrated approach*. Kluwer Academic Publishers. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4615-1495-4>
- Ben-Akiva, M., & Lerman, S. R. (1985). *Discrete choice analysis: Theory and application to travel demand*. MIT Press. <https://mitpress.ubliish.com/book/discrete-choice-analysis-theory-and-application-to-travel-demand>
- Ben-Daya, M., Hassini, E., & Bahroun, Z. (2017). Internet of things and supply chain management: a literature review. *International Journal of Production Research*, 57(15–16), 4719–4742. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1402140>
- Beria, P., Debernardi, A., & Ferrara, E. (2021). Measuring congestion on transport networks: A critical review. *Transport Reviews*, 41(5), 581–603. <https://trid.trb.org/View/855242>
- Beškovnik, B., & Twrdy, E. (2011). Agile port and intermodal transport operations model to secure lean supply chains concept. *Promet – Traffic & Transportation*, 23(2), 105–113. <https://scispace.com/pdf/agile-port-and-intermodal-transport-operations-model-to-4urvarlxp5.pdf>
- Besley, T., Mueller, H., & Fetzer, T. (2015). THE WELFARE COST OF LAWLESSNESS: EVIDENCE FROM SOMALI PIRACY. *Journal of the European Economic Association*, 13(2), 203–239. <http://www.jstor.org/stable/24538899>
- Bilbao-Ubillos, J., & Camino-Beldarrain, V. (2021). State aid, EU maritime transport policies and competitiveness of EU country fleets. *European Transport Research Review*, 13, 26. <https://doi.org/10.1186/s12544-020-00463-1>
- BIMCO & ICS. (2021). *Seafarer Workforce Report: The global supply and demand for seafarers in 2021*. Witherby. (Press release summary: International Chamber of Shipping.) <https://www.ics-shipping.org/press-release/new-bimco-ics-seafarer-workforce-report-warns-of-serious-potential-officer-shortage/>
- BIMCO, & ICS. (2023). *Seafarer workforce report (2023 ed.)*. BIMCO & International Chamber of Shipping. <https://www.ics-shipping.org/wp-content/uploads/2023/06/SEAFARERS-REPORT-final.pdf>
- Blei, D. M., Ng, A. Y., & Jordan, M. I. (2003). Latent Dirichlet Allocation. *Journal of Machine Learning Research*, 3, 993–1022. <https://dl.acm.org/doi/10.5555/944919.944937>
- Bontekoning, Y. M., Macharis, C., & Trip, J. J. (2004). Is a new applied transportation research field emerging? A review of intermodal rail–truck freight transport literature. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 38(1), 1–34. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2003.06.001>
- Boone, H. N., & Boone, D. A. (2012). Analyzing Likert Data. *The Journal of Extension*, 50(2), Article 48. <https://doi.org/10.34068/joe.50.02.48>
- Bradley, R. A., & Terry, M. E. (1952). Rank Analysis of Incomplete Block Designs: I. The Method of Paired Comparisons. *Biometrika*, 39(3/4), 324–345. <https://doi.org/10.2307/2334029>

- Braga, A. A., Papachristos, A. V., & Hureau, D. M. (2012). The Effects of Hot Spots Policing on Crime: An Updated Systematic Review and Meta-Analysis. *Justice Quarterly*, 31(4), 633–663. <https://doi.org/10.1080/07418825.2012.673632>
- Brancalion, P. H. S., de Almeida, D. R. A., Vidal, E., Molin, P. G., Sontag, V. E., Souza, S. E. X. F., & Schulze, M. D. (2018). Fake legal logging in the Brazilian Amazon. *Science Advances*, 4(8), eaat1192. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aat1192>
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Braun, V., & Clarke, V. (2019). Reflecting on reflexive thematic analysis. *Qualitative Research in Sport, Exercise and Health*, 11(4), 589–597. <https://doi.org/10.1080/2159676X.2019.1628806>
- Burks, S. V., & Monaco, K. (2019). Is the U.S. labor market for truck drivers broken? *Monthly Labor Review*. <https://www.bls.gov/opub/mlr/2019/article/pdf/is-the-us-labor-market-for-truck-drivers-broken.pdf>
- Cappanera, P., Di Gangi, L., Lapucci, M., Pellegrini, G., Roma, M., Schoen, F., & Sortino, A. (2024). Integrated task scheduling and personnel rostering of airports ground staff: A case study. *Expert Systems with Applications*, 238, 121953. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.121953>
- Caris, A., Limbourg, S., Macharis, C., Van Lier, T., & Cools, M. (2014). Integration of inland waterway transport in the intermodal supply chain: A taxonomy of research challenges. *Journal of Transport Geography*, 41, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2014.08.022>
- Caris, A., Macharis, C., & Janssens, G. K. (2008). Planning problems in intermodal freight transport: Accomplishments and prospects. *Transportation Planning and Technology*, 31(3), 277–302. <https://doi.org/10.1080/03081060802086397>
- Chen, C., & Xie, Y. (2014). Modeling the safety impacts of driving hours and rest breaks on truck drivers considering time-dependent covariates. *Journal of Safety Research*, 51, 57–63. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2014.09.006>
- Christopher, M., & Peck, H. (2004). Building the resilient supply chain. *The International Journal of Logistics Management*, 15(2), 1–14. <https://doi.org/10.1108/09574090410700275>
- Clark, X., Dollar, D., & Micco, A. (2004). Port efficiency, maritime transport costs, and bilateral trade. *Journal of Development Economics*, 75(2), 417–450. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2004.06.005>
- Clarke, R. V. (1997). *Situational crime prevention: Successful case studies* (2nd ed.). Harrow and Heston. https://www.rienner.com/title/Situational_Crime_Prevention_Successful_Case_Studies_2nd_edition
- Cohen, J. (1960). A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20(1), 37–46. <https://doi.org/10.1177/001316446002000104>
- Cohen, L. E., & Felson, M. (1979). Social change and crime rate trends: A routine activity approach. *American Sociological Review*, 44(4), 588–608. <https://doi.org/10.2307/2094589>

- Comi, A., Delle Site, P., Filippi, F., & Nuzzolo, A. (2012). Urban freight transport demand modelling: A state of the art. *European Transport / Trasporti Europei*, (51), 1–8.
- Crainic, T. G. (2000). Service network design in freight transportation. *European Journal of Operational Research*, 122(2), 272–288. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(99\)00233-7](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00233-7)
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2017). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). SAGE.
- Crook, T. R., Todd, S. Y., Combs, J. G., Woehr, D. J., & Ketchen, D. J., Jr. (2011). Does human capital matter? A meta-analysis of the relationship between human capital and firm performance. *Journal of Applied Psychology*, 96(3), 443–456. <https://doi.org/10.1037/a0022147>
- Dablanc, L. (2007). Goods transport in large European cities: Difficult to organize, difficult to modernize. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 41(3), 280–285. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2006.05.005>
- Day, G. S., & Schoemaker, P. J. H. (2005). Scanning the periphery. *Harvard Business Review*, 83(11), 135–148. <https://hbr.org/2005/11/scanning-the-periphery>
- de Jong, G., Gunn, H., & Walker, W. (2004). National and international freight transport models: An overview and ideas for future development. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 38(7–8), 447–470. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0144164032000080494>
- de Jong, G., Vierth, I., Ben-Akiva, M., & Baak, J. (2013). Recent developments in national and international freight transport models. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 13(1), 1–27. <https://significance.nl/wp-content/uploads/2019/03/2013-GDJ-Recent-developments-in-national-and-international-freight-transport-models-within-Europe.pdf>
- Denzin, N. K. (1978). *The research act* (2nd ed.). McGraw-Hill. <https://doi.org/10.4324/9781315134543>
- Dixit, A., & Pindyck, R. (1994). *Investment under uncertainty*. Princeton University Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctt7sncv>
- Djankov, S., Freund, C., & Pham, C. S. (2010). Trading on time. *The Review of Economics and Statistics*, 92(1), 166–173. <https://doi.org/10.1162/rest.2009.11498>
- Dolgui, A., & Ivanov, D. (2021). Ripple effect and supply chain disruption management: New trends and research directions. *International Journal of Production Research*, 59(1), 1–24. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1840148>
- Donaldson, D. (2018). Railroads of the Raj: Estimating the impact of transportation infrastructure. *American Economic Review*, 108(4–5), 899–934. <https://doi.org/10.1257/aer.20101199>
- Donaldson, D., & Hornbeck, R. (2016). Railroads and American economic growth: A “market access” approach. *Quarterly Journal of Economics*, 131(2), 799–858. <https://doi.org/10.1093/qje/qjw002>
- Drewello, H., & Günther, F. (2012). Bottlenecks in railway infrastructure—Do they really exist? The corridor Rotterdam–Genoa. *Proceedings of the European Transport Conference 2012*. Association for European Transport. <https://aetransport.org/public/downloads/ZjtC8/5505-5218a24b13e09.pdf>

- Duranton, G., & Turner, M. A. (2011). The fundamental law of road congestion: Evidence from US cities. *American Economic Review*, 101(6), 2616–2652. <https://doi.org/10.1257/aer.101.6.2616>
- Economist Intelligence Unit. (2024, January 12). War risks raise marine insurance premiums. <https://www.eiu.com/n/war-risks-raise-marine-insurance-premiums/>
- Elvik, R., Høy, A., Vaa, T., & Sørensen, M. (2009). *The handbook of road safety measures* (2nd ed.). Emerald. <https://doi.org/10.1108/9781848552517>
- Engel, E., Fischer, R., & Galetovic, A. (2013). The basic public finance of public–private partnerships. *Journal of the European Economic Association*, 11(1), 83–111. <https://doi.org/10.1111/j.1542-4774.2012.01105.x>
- Erkut, E., Tjandra, S. A., & Verter, V. (2007). Hazardous materials transportation. In C. Barnhart & G. Laporte (Eds.), *Handbooks in Operations Research and Management Science: Transportation* (Vol. 14, pp. 539–621). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0927-0507\(06\)14009-8](https://doi.org/10.1016/S0927-0507(06)14009-8)
- Estache, A., & Wren-Lewis, L. (2009). Toward a theory of regulation for developing countries: Following Jean-Jacques Laffont’s lead. *Journal of Economic Literature*, 47(3), 729–770. <https://doi.org/10.1257/jel.47.3.729>
- European Commission. (2011). White Paper: Roadmap to a Single European Transport Area—Towards a competitive and resource-efficient transport system (COM (2011) 144 final). Publications Office of the European Union. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:52011DC0144>
- European Commission. (2019). Study on safe and secure parking places for trucks (SSTPA) in the EU. Publications Office of the European Union. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/d89d1818-4f81-11e9-a8ed-01aa75ed71a1>
- Eurostat. (2016). Nomenclature for transport statistics – NST 2007. Publications Office of the European Union. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Standard_goods_classification_for_transport_statistics_\(NST\)](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Standard_goods_classification_for_transport_statistics_(NST))
- Fairclough, N. (1992). *Discourse and social change*. Polity. https://www.politybooks.com/bookdetail?book_slug=discourse-and-social-change--9780745612188
- Fairclough, N. (2003). *Analysing discourse: Textual analysis for social research*. Routledge. <https://howardaudio.wordpress.com/wp-content/uploads/2018/01/n-fairclough-analysing-discourse.pdf>
- Fairclough, N. (2010). *Critical discourse analysis* (2nd ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315834368>
- FAO. (2022). *State of the world’s forests 2022*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.4060/cb9360en>
- Federal Highway Administration. (2022). *Freight Analysis Framework (FAF5) user guide*. U.S. Department of Transportation. <https://www.bts.gov/faf>

- Federal Highway Administration. (2022). Traffic Analysis Toolbox: Volume III—Guidelines for applying traffic microsimulation modeling. U.S. Department of Transportation.
https://ops.fhwa.dot.gov/trafficanalysistools/tat_vol3/
- Fleury, A., & Fleury, M. T. L. (2003). Competitive strategies and core competencies: Perspectives for the internationalization of industry in Brazil. *Integrated Manufacturing Systems*, 14(1), 16–25.
10.1108/09576060310453317
- Flyvbjerg, B., Bruzelius, N., & Rothengatter, W. (2003). Megaprojects and risk: An anatomy of ambition. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107050891>
- Flyvbjerg, B., Skamris Holm, M., & Buhl, S. L. (2013a). How (in)accurate are demand forecasts in public works projects? The case of transportation. *Transport Reviews*, 33(6), 625–653.
<https://doi.org/10.1080/01944360508976688>
- Flyvbjerg, B., Skamris Holm, M., & Buhl, S. L. (2013b). What causes cost overrun in transport infrastructure projects? *Transport Policy*, 20, 1–7. 10.1080/0144164032000080494a
- FMCSA. (2011). Hours of Service (HOS) Final Rule—Regulatory Impact Analysis. Federal Motor Carrier Safety Administration.
https://www.fmcsa.dot.gov/sites/fmcsa.dot.gov/files/docs/2011_HOS_Final_Rule_RIA.pdf
- Gani, A. (2017). The logistics performance effect in international trade. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 108, 101–116. <https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2017.12.012>
- Gatti, S. (2018). Project finance in theory and practice: Designing, structuring, and financing private and public projects (3rd ed.). Academic Press. <https://shop.elsevier.com/books/project-finance-in-theory-and-practice/gatti/978-0-12-811401-8>
- Gee, J. P. (2014). An introduction to discourse analysis: Theory and method (4th ed.). Routledge.
<https://doi.org/10.4324/9781315819679>
- Giuliano, G. (2023). The challenges of freight transport in cities. In E. Marcucci, V. Gatta, & M. Le Pira (Eds.), *Handbook on City Logistics and Urban Freight* (pp. 11–34). Edward Elgar.
<https://doi.org/10.4337/9781800370173.00008>
- Global Infrastructure Hub (GI Hub). (2019). Leading practices in governmental processes facilitating infrastructure project preparation. Global Infrastructure Hub.
<https://www.gihub.org/resources/publications/leading-practices-in-governmental-processes-facilitating-infrastructure-project-preparation/>
- Goldemberg, J., Coelho, S. T., & Guardabassi, P. (2008). The sustainability of ethanol production from sugarcane. *Energy Policy*, 36(6), 2086–2097. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.02.028>
- Gordon, T. J., & Hayward, H. (1968). Initial experiments with the cross-impact matrix method of forecasting. *Futures*, 1(2), 100–116. [https://doi.org/10.1016/S0016-3287\(68\)80003-5](https://doi.org/10.1016/S0016-3287(68)80003-5)
- Grootendorst, M. (2022). BERTopic: Neural topic modeling with a class-based TF-IDF procedure. arXiv.
<https://arxiv.org/abs/2203.05794>

- Guasch, J.-L., Laffont, J.-J., & Straub, S. (2008). Renegotiation of concession contracts in Latin America. *International Journal of Industrial Organization*, 26(2), 421–442. <https://doi.org/10.1016/j.ijindorg.2007.05.003>
- Guest, G., Bunce, A., & Johnson, L. (2006). How Many Interviews Are Enough? An Experiment with Data Saturation and Variability. *Field Methods*, 18(1), 59–82. <https://doi.org/10.1177/1525822X05279903>
- Guest, G., Namey, E., & Mitchell, M. (2017). *Collecting qualitative data*. SAGE. <https://doi.org/10.4135/9781506374680>
- Gulen, H., & Ion, M. (2016). Policy uncertainty and corporate investment. *Review of Financial Studies*, 29(3), 523–564. <https://doi.org/10.1093/rfs/hhv050>
- Guo, J., & Luo, C. (2022). Risk assessment of hazardous materials transportation: A review of research progress in the last thirty years. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 9(4), 571–590. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2022.01.004>
- Heilig, L., Lalla-Ruiz, E., & Voß, S. (2017). Digital transformation in maritime ports: A structured literature review. *Information Systems and e-Business Management*, 15(1), 149–184. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120879>
- Hesse, M., & Rodrigue, J.-P. (2004). The transport geography of logistics and freight distribution. *Journal of Transport Geography*, 12(3), 171–184. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2003.12.004>
- Hiltunen, E. (2008). The future sign and its three dimensions. *Futures: The Journal of Policy, Planning and Futures Studies*, 40(3), 247–260. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2007.08.021>
- Hjort, J., & Poulsen, J. (2019). The arrival of fast internet and employment in Africa. *American Economic Review*, 109(3), 1032–1079. <https://doi.org/10.1257/aer.20161385>
- Holguín-Veras, J., Amaya Leal, J., Sánchez-Díaz, I., Browne, M., & Wojtowicz, J. (2020). State of the art and practice of urban freight management Part II: Financial approaches, logistics, and demand management. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 137, 383–410. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.10.036>
- Hummels, D. L., & Schaur, G. (2013). Time as a trade barrier. *American Economic Review*, 103(7), 2935–2959. <https://doi.org/10.1257/aer.103.7.2935>
- Ibá. (2022). Relatório anual 2022. Indústria Brasileira de Árvores. <https://iba.org/wp-content/uploads/2025/05/relatorio-anual-iba2022-compactado.pdf>
- Ibrahim, M. D. (2024). Efficiency analysis of the innovation-driven sustainable logistics performance. *Omega*, 110, 102756. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2024.102050>
- Inderst, G. (2013). Private infrastructure finance and investment in Europe (EIB Working Papers 2013/02). European Investment Bank. <https://www.eib.org/en/publications/economics-working-paper-2013-02>

- International Air Transport Association. (2022). Ground operations—2023 trends.
<https://www.iata.org/globalassets/iata/pressroom/gmd/ground-ops-2023-trends.pdf>
- International Capital Market Association (ICMA). (2021). Green Bond Principles: Voluntary process guidelines for issuing green bonds. ICMA. <https://www.icmagroup.org/sustainable-finance/the-principles-guidelines-and-handbooks/green-bond-principles-gbp/>
- International Chamber of Shipping. (2024). Maritime Barometer Report 2023–2024. London: ICS.
<https://www.ics-shipping.org/wp-content/uploads/2024/09/ICS-Barometer-2023-2024-Full-report.pdf>
- International Council on Clean Transportation. (2017). The real-world emissions performance of heavy-duty vehicles (Working Paper). ICCT. <https://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2018.12.042>
- International Energy Agency. (2019). The future of rail. Paris: IEA. <https://www.iea.org/reports/the-future-of-rail>
- International Energy Agency. (2021). Net zero by 2050: A roadmap for the global energy sector. IEA.
https://iea.blob.core.windows.net/assets/deebef5d-0c34-4539-9d0c-10b13d840027/NetZeroBy2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector_CORR.pdf
- International Maritime Organization (IMO). (2017). International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers (STCW) — Manila amendments (overview page).
<https://www.imo.org/en/OurWork/HumanElement/Pages/STCW-Convention.aspx>
- International Maritime Organization. (2010/2017). International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers (STCW) (Manila amendments). Overview page:
<https://www.imo.org/en/OurWork/HumanElement/Pages/STCW-Convention.aspx>
- International Road Transport Union (IRU). (2023). Global Driver Shortage Report 2023. IRU.
<https://www.iru.org/news-resources/newsroom/global-driver-shortages-2023-year-review>
- IPEA. (2021). Infraestrutura de transportes no Brasil: Diagnóstico e perspectivas. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.
https://portalantigo.ipea.gov.br/agencia/index.php?option=com_content&view=article&id=6472%3Ainfraestrutura-economica-no-brasil-diagnosticos-e-perspectivas-para-2025-volume-1&catid=265%3A2010&directory=1&Itemid=1
- Jovanis, P. P., Wu, K., & Chen, C. (2011). Hours of service and truck crash risk: Evidence from Pennsylvania and Oregon. *Transportation Research Record*, 2194(1), 1–8. <https://doi.org/10.3141/2194-01>
- Jüttner, U., Peck, H., & Christopher, M. (2003). Supply chain risk management: Outlining an agenda for future research. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 6(4), 197–210.
<https://doi.org/10.1080/13675560310001627016>
- Kache, F., & Seuring, S. (2017). Challenges and opportunities of digital information at the intersection of big data analytics and supply chain management. *International Journal of Operations & Production Management*, 37(1), 10–36. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-02-2015-0078>

- Katsaliaki, K., et al. (2021). Supply chain disruptions and resilience: A major review and future research agenda. *International Journal of Production Research*, 59(12), 3605–3621.
<https://doi.org/10.1007/s10479-020-03912-1>
- Krippendorff, K. (2018). *Content analysis: An introduction to its methodology* (4th ed.). SAGE.
<https://doi.org/10.4135/9781071878781>
- Ksciuk, J., Kuhlemann, S., Tierney, K., & Koberstein, A. (2023). Uncertainty in maritime ship routing and scheduling: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 308(2), 499–524.
<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2022.08.006>
- Kudo, T., Belzer, M. H., Hensher, D. A., & Li, Z. (2019). The association between truck driver compensation and safety performance. *Safety Science*, 120, 447–455. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.07.026>
- Kvale, S., & Brinkmann, S. (2015). *InterViews: Learning the craft of qualitative research interviewing* (3rd ed.). SAGE.
- Laínez, J. M., & Puigjaner, L. (2012). Prospective and perspective review in integrated supply chain modelling for the chemical process industry. *Current Opinion in Chemical Engineering*, 1(4), 430–445. <https://doi.org/10.1016/j.coche.2012.09.002>
- Levy, B., & Spiller, P. T. (1994). The institutional foundations of regulatory commitment: A comparative analysis of telecommunications regulation. *Journal of Law, Economics, & Organization*, 10(2), 201–246. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.jleo.a036849>
- Li, Q., Zhang, L., Wang, X., & Zhang, J. (2022). Risk analysis of cargo theft from supply chains using Bayesian networks. *Reliability Engineering & System Safety*, 222, 108445.
<https://doi.org/10.1016/j.ress.2022.108702>
- Limão, N., & Venables, A. J. (2001). Infrastructure, geographical disadvantage, transport costs, and trade. *The World Bank Economic Review*, 15(3), 451–479. <https://doi.org/10.1093/wber/15.3.451>
- Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. SAGE.
<https://doi.org/10.4135/9781412963909.n280>
- Macharis, C., & Bontekoning, Y. (2004). Opportunities for OR in intermodal freight transport research: A review. *European Journal of Operational Research*, 153(2), 400–416.
[https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(03\)00161-9](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00161-9)
- Martí, L., Puertas, R., & García, L. (2014). The importance of the Logistics Performance Index in international trade. *Applied Economics*, 46(24), 2982–2992.
<https://doi.org/10.1080/00036846.2014.916394>
- Martimort, D., & Pouyet, J. (2008). To build or not to build: Normative and positive theories of public–private partnerships. *Journal of Economic Theory*, 135(1), 83–111.
<https://doi.org/10.1016/j.jjindorg.2006.10.004>
- Maxwell, J. A. (2013). *Qualitative research design* (3rd ed.). SAGE.
- McKinnon, A. (2018). *Decarbonizing logistics: Distributing goods in a low carbon world*. Kogan Page.

- Mendonça, S., Cunha, M. P., Kaivo-oja, J., & Ruff, F. (2004). Wild cards, weak signals and organizational improvisation. *Futures*, 36(2), 201–218. 10.1016/S0016-3287(03)00148-4
- Merk, O. (2018). Container ship size and port relocation. International Transport Forum Discussion Paper No. 2018/10. Paris: OECD/ITF. <https://doi.org/10.1787/d790ae41-en>
- Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2014). *Qualitative data analysis: A methods sourcebook* (3rd ed.). SAGE.
- Ministério dos Transportes. (2025). PNL/PIT 2050 — Notas Técnicas: Mapas de carregamento e saturação. Secretaria de Fomento, Planejamento e Parcerias.
- Mittal, A., Pani, A. K., & Singh, R. K. (2018). The endemic issue of truck driver shortage: A comparative study in North America and India. *Research in Transportation Economics*, 70, 10–18. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2018.06.005>
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2024). Pay and working conditions in the long-distance truck and bus industries (Transportation Research Board Special Report 347). Washington, DC: The National Academies Press. <https://nap.nationalacademies.org/catalog/27892/pay-and-working-conditions-in-the-long-distance-truck-and-bus-industries>
- Notteboom, T. E., & Rodrigue, J.-P. (2005). Port regionalization: Towards a new phase in port development. *Maritime Policy & Management*, 32(3), 297–313. <https://doi.org/10.1080/03088830500139885>
- Notteboom, T., Pallis, A., & Rodrigue, J.-P. (2022). *Port Economics, Management and Policy*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429318184>
- Nze, I. C., & Onyemechi, C. (2018). Port congestion determinants and impacts on logistics and supply chain network of five African ports. *Journal of Sustainable Development of Transport and Logistics*, 3(1), 70–82. <https://doi.org/10.14254/jsdtl.2018.3-1.7>
- OECD. (2014). *Regulatory enforcement and inspections: OECD best practice principles for regulatory policy*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264208117-en>
- OECD. (2018). *OECD regulatory policy outlook 2018*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264303072-en>
- OECD. (2019). *Taxing energy use 2019: Using taxes for climate action*. OECD Publishing. https://www.oecd.org/en/publications/taxing-energy-use-2019_058ca239-en.html
- Okwir, S., Sall, R., Talluri, S., & Vigeant-Langlois, L. (2017). Managing turnaround performance through collaborative decision making. *Journal of Air Transport Management*, 63, 173–185. <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2016.10.008>
- Oliveira, R., & Lima, R. S. (2022). Infraestrutura portuária e competitividade logística no Brasil: Gargalos e desafios. *Revista de Administração Pública*, 56(3), 543–567. 10.29327/2384439.2.1-5
- Olney, W. W. (2020). Cabotage sabotage? The curious case of the Jones Act. *Journal of International Economics*, 127, 103378. <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2020.103378>

- Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). (2020). OECD Recommendation on the Governance of Infrastructure. OECD Publishing.
<https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0460>
- Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). (2023). OECD Infrastructure Governance Indicators. OECD Publishing. https://www.oecd.org/en/publications/oecd-infrastructure-governance-indicators_95c2cef2-en.html
- Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). (2020). Recommendation of the Council on the Governance of Infrastructure (OECD/LEGAL/0460). OECD Publishing.
<https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0460>
- Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). (2023). OECD Infrastructure Governance Indicators. OECD Publishing. https://www.oecd.org/en/publications/oecd-infrastructure-governance-indicators_95c2cef2-en.html
- Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). (2018). OECD Regulatory Policy Outlook 2018. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264303072-en>
- Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). (2020). Recommendation of the Council on the Governance of Infrastructure (OECD/LEGAL/0460). OECD Publishing.
<https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0460>
- Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). (2023). OECD Infrastructure Governance Indicators. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/95c2cef2-en>
- Organization for Economic Co-operation and Development. (2023). OECD Infrastructure Governance Indicators. Paris: OECD.
https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2023/06/oecd-infrastructure-governance-indicators_3c046ecb/95c2cef2-en.pdf
- Organization for Economic Co-operation and Development. (2023). OECD Infrastructure Governance Indicators. OECD. https://www.oecd.org/en/publications/oecd-infrastructure-governance-indicators_95c2cef2-en.html
- Ortúzar, J. de D., & Willumsen, L. G. (2011). Modelling transport (4th ed.). Wiley-Blackwell.
- Overstreet, R. E., Lee, D., Hall, D., & Rainer, R. K. (2019). Multi-study analysis of learning culture, human capital and operational performance in supply chain management: The moderating role of workforce level. *Journal of Defense Analytics and Logistics* 9 July 2019; 3 (1): 41–59.
<https://doi.org/10.1108/JDAL-11-2018-0017>
- Park, S.-W., & Jovanis, P. P. (2010). Hours of service and truck crash risk: Findings from three national U.S. carriers during 2004. *Transportation Research Record*, 2194(1), 1–10.
<https://doi.org/10.3141/2194-01>
- Pellegrini, J., & Oliveira, F. (2020). Dinâmica territorial da mineração e os novos polos produtivos no Brasil. *Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos*, 14(2), 211–230. 10.55905/revconv.16n.9-246

- Phaal, R., Farrukh, C., & Probert, D. (2004). Technology roadmapping—A planning framework for evolution and revolution. *Technological Forecasting and Social Change*, 71(1–2), 5–26.
[https://doi.org/10.1016/S0040-1625\(03\)00072-6](https://doi.org/10.1016/S0040-1625(03)00072-6)
- Popper, R. (2008). How are foresight methods selected? *Foresight*, 10(6), 62–89.
10.1108/14636680810918586
- Pöyry. (2018). Global outlook for pulp and paper 2018–2030. Pöyry Management Consulting.
- Quak, H. J., & de Koster, M. B. M. (2009). Delivering Goods in Urban Areas: How to Deal with Urban Policy Restrictions and the Environment. *Transportation Science*, 43(2), 211–227.
<https://doi.org/10.1287/trsc.1080.0235>
- Raimbault, N. (2019). From regional planning to port regionalization and urban logistics: The inland port and the governance of logistics development in the Paris region. *Journal of Transport Geography*, 78, 205–213. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2019.06.005>
- Ratcliffe, J. H. (2016). *Intelligence-led policing* (2nd ed.). Routledge.
- Redding, S. J., & Turner, M. A. (2015). Transportation costs and the spatial organization of economic activity. In *Handbook of Regional and Urban Economics* (Vol. 5A, pp. 1339–1398). Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-444-59531-7.00020-X>
- Reimers, N., & Gurevych, I. (2019). Sentence-BERT: Sentence embeddings using Siamese BERT-networks. In *Proceedings of EMNLP-IJCNLP 2019*. 10.18653/v1/D19-1410
- Reuters. (2024, June 19). Trauma from Red Sea attacks adds to seafarer shortage.
<https://www.reuters.com/world/middle-east/trauma-red-sea-attacks-adds-seafarer-shortage-2024-06-19/>
- Rodrigue, J.-P. (2020). *The geography of transport systems* (5th ed.). Routledge.
<https://doi.org/10.4324/9780429346323>
- Rodrigue, J.-P., Comtois, C., & Slack, B. (2017). *The geography of transport systems* (4th ed.). Routledge.
- Rodríguez, D. A., Targa, F., & Belzer, M. H. (2006). Pay incentives and truck driver safety: A case study. *ILR Review*, 59(2), 205–225. <https://doi.org/10.1177/001979390605900202>
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations* (5th ed.). Free Press.
- Rohrbeck, R., & Kum, M. E. (2018). Corporate foresight and its impact on firm performance: A longitudinal analysis. *Technological Forecasting and Social Change*, 129, 105–116.
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.12.013>
- Roso, V., Woxenius, J., & Lumsden, K. (2009). The dry port concept: Connecting container seaports with the hinterland. *Journal of Transport Geography*, 17(5), 338–345.
<https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2008.10.008>
- Saldaña, J. (2021). *The coding manual for qualitative researchers* (4th ed.). SAGE.

- Sánchez, R. J., Hoffmann, J., Micco, A., Pizzolitto, G., Sgut, M., & Wilmsmeier, G. (2003). Port efficiency and international trade: Port efficiency as a determinant of maritime transport costs. *Maritime Economics & Logistics*, 5(2), 199–218. <https://doi.org/10.1057/palgrave.mel.9100073>
- Santa, R., MacDonald, J. B., Ferrer, M., & Andreu, L. (2022). An investigation of the impact of human capital and supply chain drivers on firm performance. *PLOS ONE*, 17(11), e0274592. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0274592>
- Santos, F., Pacca, S., & Rosa, L. P. (2020). The expansion of Brazilian pulp and paper sector: Environmental and social implications. *Journal of Cleaner Production*, 276, 123236.
- Shen, Z.-J. M., Marder, A., & Hopp, W. J. (2021). Strengthening supply chain resilience during COVID-19. *Manufacturing & Service Operations Management*, 23(2), 1–5. (Open-access perspective summary: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8661997/>)
- Silverman, D. (2011). *Interpreting qualitative data* (4th ed.). SAGE.
- Siqueira, G. C., Pereira, D., & Merry, F. (2021). Timber production and trade from Brazilian Amazon: Trends and challenges. *Forest Policy and Economics*, 131, 102566. 10.21203/rs.3.rs-4591425/v1
- Small, K. A., & Verhoef, E. T. (2007). *The economics of urban transportation*. MIT Press.
- Stopford, M. (2009). *Maritime economics* (3rd ed.). Routledge.
- Strauss, A., & Corbin, J. (1998). *Basics of qualitative research: Techniques and procedures for developing grounded theory* (2nd ed.). SAGE.
- Tang, C. S. (2006). Perspectives in supply chain risk management. *International Journal of Production Economics*, 103(2), 451–488. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2005.12.006>
- Tang, L. (2021). Revisiting the shortage of seafarer officers: A new approach to estimating the current shortage and supply of officers. *WMU Journal of Maritime Affairs*, 20, 281–296. <https://doi.org/10.1007/s13437-021-00252-0>
- Tang, L., & Bhattacharya, S. (2021). Revisiting the shortage of seafarer officers: A new approach to analysing statistical data. *WMU Journal of Maritime Affairs*, 20(4), 483–496. <https://doi.org/10.1007/s13437-021-00252-0>
- Tavasszy, L. A., & de Jong, G. (Eds.). (2014). *Modelling freight transport*. Elsevier.
- Teece, D. J. (2007). Explicating dynamic capabilities. *Strategic Management Journal*, 28(13), 1319–1350.
- Thums, J., Künzle, L., Klumpp, M., Bardmann, M.-M., & Ruiner, C. (2023). Future air transportation and digital work at airports—Review and developments. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 19, 100808. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2023.100808>
- Torres, O. R., et al. (2017). Impacto da implantação do custo do pedágio na BR-163 sobre a competitividade do transporte de soja. *Revista de Economia e Sociologia Rural*. <https://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790550307>
- Transportation Research Board. (2016). *Highway capacity manual* (6th ed.). National Academies Press.

- TRB Transportation Research Board. (2022). Highway Capacity Manual, Seventh Edition: A Guide for Multimodal Mobility Analysis. Washington, DC: National Academies Press.
- Treb Allen, Costas Arkolakis, The Welfare Effects of Transportation Infrastructure Improvements, The Review of Economic Studies, Volume 89, Issue 6, November 2022, Pages 2911–2957, <https://doi.org/10.1093/restud/rdac001>
- UK Department for Transport. (2022). Transport analysis guidance (TAG): Data, demand and modelling. UK DfT.
- UNCTAD. (2017). Review of Maritime Transport 2017 (cap. 4: Regulatory and legal framework). Geneva: United Nations Conference on Trade and Development. https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2017_en.pdf
- UNECE/UN-CEFACT. (2019). Recommendation No. 33: Recommendation and guidelines on establishing a Single Window (2019 ed.). United Nations.
- United Nations Centre for Trade Facilitation and Electronic Business (UN/CEFACT). (2020). Recommendation No. 33: Single Window (2020 Edition). Geneva: UNECE. https://unece.org/sites/default/files/2020-12/ECE-TRADE-352_Rev.1E_Rec33_2020Edition.pdf
- United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) / UN/CEFACT. (2020). Recommendation No. 33: Recommendation and guidelines on establishing a Single Window (2020 ed.). United Nations. https://unece.org/trade/uncefact/tf_recommendations
- Vecchiato, R. (2015). Creating value through foresight: First mover advantages and strategic agility. Technological Forecasting and Social Change, 101, 25–36. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2014.08.016>
- Voros, J. (2003). A generic foresight process framework. Foresight, 5(3), 10–21. <https://doi.org/10.1108/14636680310698379>
- Wamba, S. F., Gunasekaran, A., Akter, S., Ren, S. J.-F., Dubey, R., & Childe, S. J. (2017). Big data analytics and firm performance: Effects on supply chain performance. International Journal of Production Economics, 193, 566–579. 10.3390/info10070226
- Wandelt, S., & Wang, K. (2024). Towards solving the airport ground workforce dilemma: A literature review on hiring, scheduling, retention, and digitalization in the airport industry. Journal of the Air Transport Research Society, 2(2), 100004. <https://doi.org/10.1016/j.jatrs.2024.100004>
- Wang, Y., Szeto, W. Y., & Han, K. (2018). Dynamic traffic assignment: A review of the methodological advances for environmentally sustainable road transportation applications. Transportmetrica A: Transport Science, 14(7), 521–567. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2018.03.011>
- Weschenfelder, M. (Marja). (2015, September 4). *The Brazilian port infrastructure attractiveness for private investors. Maritime Economics and Logistics*. Retrieved from <http://hdl.handle.net/2105/33026>
- Wilmsmeier, G., & Monios, J. (2020). Port system evolution in South America: Challenges and opportunities. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 132, 18–30. 10.1016/j.jtrangeo.2014.07.007

- Wilmsmeier, G., & Notteboom, T. (2011). Determinants of liner shipping network configuration: A two-region comparison. *GeoJournal*, 76(3), 213–228.
- Witte, P., Wiegmans, B., van Oort, F., & Spit, T. (2014). Governing inland ports: A multi-dimensional approach to addressing inland port–city challenges in European transport corridors. *Journal of Transport Geography*, 36, 42–52. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2014.02.011>
- Wodak, R., & Meyer, M. (Eds.). (2015). *Methods of Critical Discourse Studies* (3rd ed.). London: Sage.
- World Bank. (2023). Logistics performance index (LPI). <https://lpi.worldbank.org/international/global>
- World Bank; Asian Development Bank; EBRD; Global Infrastructure Hub; Inter-American Development Bank; Islamic Development Bank; OECD; UNECE; & UNESCAP. (2017). *Public-Private Partnerships: Reference Guide Version 3*. World Bank Group. <https://ppp.worldbank.org/library/ppp-reference-guide-3-0-full-version>
- World Customs Organization (WCO). (2018). *SAFE Framework of Standards to secure and facilitate global trade* (2018 ed.). WCO. <https://www.wcoomd.org/en/media/newsroom/2018/july/wco-publishes-2018-edition-of-safe-framework-of-standards.aspx>
- World Trade Organization (WTO). (2017). *Agreement on Trade Facilitation*. WTO. https://www.wto.org/english/docs_e/legal_e/tfa_e.htm
- Wright, G., & Cairns, G. (2011). *Scenario thinking: Practical approaches to the future*. Palgrave Macmillan.
- WTO. (2017). *Trade Facilitation Agreement*. World Trade Organization.
- Yescombe, E. R., & Farquharson, E. (2018). *Public-Private Partnerships for infrastructure: Principles of policy and finance* (2nd ed.). Elsevier. <https://www.sciencedirect.com/book/9780081007662/public-private-partnerships-for-infrastructure>
- Zhang, A., & Zhang, Y. (2010). Airport capacity and congestion pricing with both aeronautical and commercial operations. *Transportation Research Part B: Methodological*, 44(3), 404–413. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2009.09.001>
- Zhang, W., Cheng, W., & Gai, W. (2022). Hazardous Chemicals Road Transportation Accidents and the Corresponding Evacuation Events from 2012 to 2020 in China: A Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(22), 15182. <https://doi.org/10.3390/ijerph192215182>
- Zhao, J., Zhu, X., & Wang, L. (2020). Study on scheme of outbound railway container organization in rail-water intermodal transportation. *Sustainability*, 12(4), 1519. <https://doi.org/10.3390/su12041519>



atendimento@fdc.org.br

0800 941 9200

www.fdc.org.br | www.sejarelevante.fdc.org.br

