

Financiamento de infraestrutura rodoviária via agregação de valor agroindustrial: o caso da BR-430



Marcos Paulo de Assis Teixeira Nonato

Universidade de Brasília. Brasília, Brasil
ORCID: 0000-0002-2315-0912

Yaeko Yamashita

Universidade de Brasília. Brasília, Brasil
ORCID: 0000-0002-3402-695X

Recepción: 20 de febrero de 2026
Aceptación: 7 de abril de 2026

Resumo

O artigo propõe e aplica um modelo de financiamento de infraestrutura rodoviária baseado na captura de valor fiscal gerado pela agregação de valor em cadeias agroindustriais de soja e milho em região de fronteira agrícola. Partindo do déficit de investimentos em transporte no Brasil, desenvolve-se uma metodologia em sete etapas que integra diagnóstico territorial e de mercado, projeções de produção, dimensionamento de plantas agroindustriais e estimativa de arrecadação tributária indireta com base na Matriz de Recursos e Usos. O modelo é aplicado ao trecho não pavimentado da BR-430, no oeste da Bahia, região com forte especialização agropecuária e extensa área passível de expansão produtiva. As projeções indicam viabilidade para a instalação de uma esmagadora de soja e de uma usina de etanol de milho em escala competitiva, cuja industrialização local amplia significativamente a base tributável. A comparação entre receitas fiscais incrementais, em horizonte de longo prazo, e o custo estimado de pavimentação sugere que a captura de valor fiscal pode sustentar, ao menos em parte, o investimento público.

PALAVRAS-CHAVE: FINANCIAMENTO DE INFRAESTRUTURA. CAPTURA DE VALOR FISCAL. CADEIAS DE NEGÓCIO. DESENVOLVIMENTO REGIONAL. ENGENHARIA TERRITORIAL.

Road infrastructure financing via agro-industrial value addition: the case of BR-430

Abstract

The article proposes and applies a road infrastructure financing model based on tax value capture generated by value addition in soybean and corn agro-industrial chains within an agricultural frontier region. Given the deficit in transport infrastructure investment in Brazil, a seven-step methodology was developed, integrating territorial and market diagnosis, production projections, agro-industrial plant scaling, and indirect tax revenue estimation based on the Resources and Uses Table. The model is applied to the unpaved section of the BR-430 highway in western Bahia, a region characterized

by strong agricultural specialization and a vast area suitable for productive expansion. Projections indicate the feasibility of installing a soybean crushing plant and a corn ethanol plant at competitive scales, whose local industrialization significantly expands the tax base. The comparison between incremental tax revenues over a long-term horizon and the estimated paving costs suggests that tax value capture may sustain, at least partially, public investment.

KEYWORDS: INFRASTRUCTURE FINANCING. TAX VALUE CAPTURE. BUSINESS CHAINS. REGIONAL DEVELOPMENT. TERRITORIAL ENGINEERING.

1. Introdução

O déficit de infraestrutura de transporte no Brasil constitui um dos mais significativos entraves estruturais ao desenvolvimento econômico regional equilibrado e à competitividade sistêmica da economia nacional (Frischtak, 2013). Estimativas indicam que o investimento em infraestrutura de transporte no país tem girado em torno de patamares próximos a 1,5% do PIB ao ano, valor inferior à faixa de 3% a 5% observada em economias asiáticas emergentes e às recomendações de organismos multilaterais, que apontam a necessidade de investimentos equivalentes a cerca de 2% a 3% do PIB em países em desenvolvimento (Brasil, 2012; Frischtak, 2013). Essa insuficiência manifesta-se de forma particularmente expressiva em regiões de fronteira agrícola no interior do território, onde a rápida expansão da produção agropecuária não foi acompanhada por investimentos proporcionais em infraestrutura logística (Assis et al., 2019; Brasil, 2012).

A precariedade da infraestrutura de transporte nessas regiões compromete a eficiência econômica de cadeias produtivas estratégicas por diversos canais: eleva custos de transação e comercialização, reduz a competitividade internacional dos produtos brasileiros, limita a agregação de valor local via processamento industrial, aumenta perdas pós-colheita e restringe o acesso de produtores a mercados consumidores e a insumos em condições competitivas. No caso específico do complexo soja-milho, principal cadeia de exportação do agronegócio brasileiro, estudos mostram que os custos logísticos podem representar de 25% a 35% do preço final, proporção substancialmente superior aos 10% a 15% observados em países concorrentes, como Estados Unidos e Argentina (Correa & Ramos, 2010).

A literatura especializada documenta amplamente a correlação positiva entre investimentos em infraestrutura de transporte e desenvolvimento econômico regional. Aschauer (1989) demonstra que o capital público em infraestrutura exerce efeito multiplicador relevante sobre a produtividade do setor privado, enquanto Limão e Venables (2001) evidenciam que a redução de custos de transporte associada à melhoria da infraestrutura pode elevar significativamente o comércio internacional de economias em desenvolvimento. Em contextos como o brasileiro, a precariedade da infraestrutura de transportes limita o desempenho competitivo de regiões produtoras localizadas no interior e distantes dos principais portos e centros consumidores (Gonçalves et al., 2017).

Nesse contexto, este artigo busca preencher uma lacuna ao desenvolver e testar empiricamente um modelo de financiamento de infraestrutura rodoviária baseado na captura de valor fiscal gerado pela agregação de valor em cadeias produtivas agroindustriais.

Especificamente, o estudo organiza-se em torno de duas questões centrais: (i) a construção de uma metodologia estruturada e replicável para quantificar impactos fiscais indiretos da agregação de valor via industrialização local, com vistas ao custeio de investimentos em infraestrutura logística em regiões de fronteira agrícola; e (ii) a identificação das condições de potencial produtivo, estrutura de cadeias de valor, custos de infraestrutura e estrutura tributária, bem como de suas implicações para o desenho de políticas públicas e instrumentos institucionais. Para responder a essas questões, o estudo sistematiza um modelo metodológico para estimar impactos econômicos e fiscais decorrentes da melhoria da infraestrutura logística em regiões de fronteira agrícola; aplica esse modelo ao caso de uma rodovia em região agrícola do interior, a fim de quantificar o potencial de expansão produtiva e de instalação de plantas agroindustriais; estima o retorno fiscal indireto associado à agregação de valor nas cadeias de soja e milho; e avalia a viabilidade de recuperação dos investimentos públicos em pavimentação por meio de receitas tributárias incrementais.

O artigo organiza-se em seis seções. Após esta introdução, a Seção 2 apresenta a revisão de literatura sobre infraestrutura de transporte, desenvolvimento regional e mecanismos de captura de valor, além de uma breve contextualização sobre a lacuna de financiamento e a relação da engenharia territorial com o desenvolvimento regional. A Seção 3 descreve a metodologia proposta em sete etapas sequenciais. A Seção 4 discute o estudo empírico aplicado, com caracterização territorial, projeções de produção agrícola, dimensionamento de plantas agroindustriais e análise de retorno fiscal. A Seção 5 apresenta a discussão dos resultados. Por fim, a Seção 6 sintetiza as principais conclusões, limitações e direções para pesquisas futuras.

2. Fundamentação teórica e panorama contextual

A seção de fundamentação teórica está organizada em quatro eixos complementares que fundamentam o modelo proposto de financiamento de infraestrutura rodoviária via captura de valor agroindustrial. Em primeiro lugar, discute-se a relação entre infraestrutura de transporte e desenvolvimento econômico, enfatizando evidências de que investimentos em transporte geram efeitos diretos, indiretos e induzidos sobre produtividade, integração comercial e crescimento regional (Aschauer, 1989; Banister & Berechman, 2000; Limão & Venables, 2001).

Em seguida, examina-se o caso brasileiro, destacando-se a insuficiência e a precariedade da infraestrutura logística, em especial da malha rodoviária, e seus impactos sobre a competitividade do agronegócio e o desenvolvimento regional, bem como os limites dos modelos tradicionais de financiamento (Brasil, 2012; Correa & Ramos, 2010).

O terceiro eixo aborda a literatura internacional sobre mecanismos de captura de valor, apresentando instrumentos como *Tax Increment Financing* (TIF), *Land Value Capture* (LVC), *development charges* e *joint development*, e mostrando como esses mecanismos têm sido utilizados para financiar projetos de transporte. Ao mesmo tempo, evidencia-se a escassez de aplicações em contextos rurais e agroindustriais, bem como a necessidade de adaptação desse arcabouço às cadeias produtivas agrícolas (ADB, 2013; FAO, 2014; Germán & Bernstein, 2018; Ingram & Hong, 2012; Smolka, 2013; Vickrey, 1965).

Por fim, para preencher essa lacuna na literatura, introduz-se a Engenharia Territorial como base conceitual integradora. A partir desse referencial teórico, a provisão da rodovia deixa de ser tratada de forma estritamente setorial e passa a ser compreendida como elemento catalisador em territórios programáticos, orientando uma leitura sistêmica e a articulação entre pavimentação, ativação de cadeias agroindustriais e geração de valor econômico e fiscal (Aragão, Yamashita, & Pricinote, 2010). Complementarmente, o panorama contextual estabelece uma discussão sobre as deficiências no financiamento logístico do país, amparada em dados de instituições competentes, consolidando a relação intrínseca entre Engenharia Territorial e promoção do desenvolvimento regional.

2.1. Infraestrutura de Transporte e Desenvolvimento Econômico

A relação entre infraestrutura de transporte e crescimento econômico constitui um dos temas centrais da economia regional e da literatura sobre desenvolvimento (Aschauer, 1989; Banister & Berechman, 2000; Limão & Venables, 2001). Banister e Berechman (2000) argumentam que investimentos em infraestrutura de transporte produzem múltiplos impactos econômicos, incluindo efeitos diretos, como geração de emprego e renda durante a construção; efeitos indiretos, como redução de custos logísticos para empresas usuárias; e efeitos induzidos, associados à atração de novos investimentos e à dinamização de cadeias produtivas. Aschauer (1989) demonstrou que o estoque de capital público em infraestrutura apresenta elasticidade positiva e significativa em relação à produtividade total dos fatores no setor privado. Para a economia norte-americana, entre 1949 e 1985, o autor estimou que um aumento de 1% no capital público se traduziria em incremento de cerca de 0,39% na produtividade do setor privado.

Embora a magnitude desse efeito tenha sido objeto de debate, a literatura converge quanto à existência de externalidades positivas relevantes dos investimentos em infraestrutura sobre o desempenho econômico (Gramlich, 1994). No contexto de economias em desenvolvimento, Limão e Venables (2001) analisam o impacto dos custos de transporte sobre os padrões de comércio internacional e mostram que a deficiência de infraestrutura logística constitui importante barreira à integração comercial. Os autores estimam que a redução dos custos de transporte do nível mediano para o quartil superior da distribuição internacional poderia elevar o comércio bilateral em até 68%, efeito comparável à remoção de barreiras tarifárias substanciais.

2.2. As Deficiências no Financiamento de Infraestrutura Logística no Brasil

O modelo tradicional de financiamento de infraestrutura de transporte no Brasil baseia-se em três fontes principais: orçamento público da União e dos estados, crédito de bancos públicos de fomento e financiamento de organismos multilaterais. Trata-se de um arranjo eficaz em contextos de alto crescimento e folga fiscal, mas estruturalmente limitado diante da atual restrição orçamentária, da competição por recursos entre políticas sociais e da necessidade de manutenção da malha existente. Estimativas indicam que o país deveria investir em infraestrutura algo em torno de 3,5% a 4,5% do PIB ao ano para sustentar taxas de crescimento de 4% a 5%, percentual bastante superior aos cerca de 2% a 2,5% efetivamente investidos nos últimos anos (Comitê Interministerial de Planejamento da Infraestrutura, 2021; Confederação Nacional da Indústria, 2016;

Frischtak, 2013). Além disso, apenas no setor rodoviário seriam necessários centenas de bilhões de reais ao longo de uma década para manter e recuperar a malha, o que evidencia uma lacuna persistente entre necessidade de investimento e capacidade de financiamento público (Brasil, 2012; Chiavari et al., 2022).

Diversos estudos documentam as deficiências estruturais da infraestrutura de transportes e seus impactos sobre a competitividade do agronegócio (Brasil, 2012; Correa & Ramos, 2010; Gonçalves et al., 2017). Correa e Ramos (2010) analisam especificamente a precariedade do transporte rodoviário para o escoamento da produção de soja do Centro-Oeste, mostrando que os elevados custos logísticos reduzem significativamente a rentabilidade dos produtores e comprometem a competitividade internacional do produto brasileiro. Gonçalves et al. (2017) e Nonato e Yamashita (2025) examinam a relação entre infraestrutura de transportes e desenvolvimento regional e evidenciam que municípios com melhor acessibilidade rodoviária apresentam indicadores econômicos e sociais superiores. Os autores argumentam que investimentos em infraestrutura logística devem ser concebidos como política deliberada de desenvolvimento regional, e não apenas como resposta a demandas setoriais pontuais.

Nesse mesmo sentido, Brasil (2012) analisa as modalidades de financiamento da infraestrutura de transportes no país e constata que o modelo predominante, baseado em recursos orçamentários diretos, é insuficiente para atender às necessidades de investimento. O estudo aponta a importância de diversificar as fontes de financiamento, com maior participação do setor privado via concessões e parcerias público-privadas, bem como por meio da adoção de mecanismos inovadores de captura de valor.

A ampliação das concessões rodoviárias desde a década de 1990 representou avanço importante, mas mostra-se insuficiente em rodovias de baixa densidade de tráfego ou em regiões de menor renda, nas quais a receita tarifária projetada não cobre os custos sem aportes públicos significativos. Nesse contexto, ganha relevância a literatura sobre mecanismos de captura de valor (*value capture financing*), por meio dos quais o poder público apropria-se de parte da valorização gerada pela infraestrutura — como ganhos imobiliários, aumento da atividade econômica e incremento da arrecadação — para financiar os próprios projetos. Trata-se de instrumentos já testados em países desenvolvidos e emergentes, capazes de cobrir parcela relevante dos custos de grandes empreendimentos de transporte.

Contudo, sua aplicação em contextos rurais e agroindustriais permanece pouco explorada, aspecto que esta pesquisa procura desenvolver ao propor um modelo de captura de valor fiscal ancorado na agregação de valor em cadeias agroindustriais. Parte-se da hipótese de que a industrialização local da produção agropecuária pode gerar incrementos tributários suficientes para amortizar investimentos em infraestrutura logística.

2.3. Mecanismos de Captura de Valor para Financiamento de Infraestrutura

A literatura internacional sobre financiamento de infraestrutura tem destacado os mecanismos de captura de valor (*value capture financing*), por meio dos quais o poder público se apropria de parte da valorização econômica gerada por investimentos em infraestrutura para custear os próprios projetos (Mathur, 2017; Smolka, 2013; Vickrey,

1965). O conceito baseia-se na ideia de que esses investimentos produzem externalidades positivas mensuráveis, como valorização imobiliária, aumento da atividade econômica e crescimento da arrecadação tributária nas áreas beneficiadas, das quais parcelas podem e devem ser recuperadas pelo Estado por razões de eficiência e equidade (Ingram & Hong, 2012; Vickrey, 1965).

Entre os principais instrumentos, destacam-se: o *Tax Increment Financing* (TIF), que vincula o incremento de receitas tributárias em uma área delimitada ao pagamento da dívida contraída para financiar a infraestrutura (Mathur, 2017); os diversos mecanismos de *Land Value Capture* (LVC), como contribuições de melhoria, outorga onerosa e venda de terrenos públicos valorizados (Ingram & Hong, 2012; Smolka, 2013); as *development charges*, que cobram de novos empreendimentos a infraestrutura necessária ao seu adensamento (Infrastructure Victoria, 2016); e os arranjos de *joint development*, nos quais o setor privado participa do financiamento em troca de direitos de desenvolvimento imobiliário (Mathur, 2017; OECD, 2022).

Experiências em países como Estados Unidos, Japão e Coreia do Sul mostram que, quando bem desenhados, esses instrumentos podem financiar parcela significativa de grandes projetos de transporte, combinando receitas tarifárias com captura de ganhos fundiários e imobiliários no entorno da infraestrutura (OECD, 2022). Ainda assim, permanecem pouco exploradas outras formas de captura de valor associadas, por exemplo, à agregação de valor em cadeias produtivas, à formalização de atividades econômicas ou à elevação da produtividade regional, que podem representar fontes adicionais relevantes para justificar e viabilizar investimentos em infraestrutura, sobretudo em contextos não urbanos.

A literatura sobre captura de valor aplicada ao financiamento de infraestrutura é ampla em contextos urbanos, mas aplicações empíricas voltadas à infraestrutura de transporte em áreas rurais e agroindustriais permanecem raras e pouco desenvolvidas conceitualmente (ADB, 2013; FAO, 2014). Estudos identificados em países em desenvolvimento concentram-se majoritariamente em irrigação e eletrificação rural, com pouca atenção específica a rodovias, estradas vicinais e corredores logísticos que conectam regiões de fronteira agrícola a mercados consumidores e exportadores (ADB, 2013).

Essa lacuna é particularmente relevante porque investimentos em infraestrutura rodoviária rural reduzem custos de transporte, ampliam o raio econômico de escoamento da produção, viabilizam a instalação de plantas agroindustriais e, por consequência, podem gerar incrementos significativos de arrecadação tributária ao longo das cadeias de valor agrícolas (FAO, 2014). Ao mesmo tempo, cadeias de *commodities* de exportação movimentam volumes financeiros expressivos, mas seus potenciais efeitos fiscais associados à melhoria de rodovias e da logística ainda são pouco quantificados no desenho de modelos de captura de valor (ADB, 2013; FAO, 2014). Nesse contexto, o presente trabalho busca avançar ao propor uma metodologia específica para estimar impactos fiscais da agregação de valor agroindustrial em regiões de fronteira agrícola, com foco em decisões de investimento público em infraestrutura de transporte rodoviário.

2.4. Engenharia Territorial como Fundamentação Conceitual e Motor do Desenvolvimento Regional

O conceito de Engenharia Territorial, formulado inicialmente por Aragão *et al.* (2010), constitui um campo interdisciplinar que integra ciência, técnica e gestão para o planejamento, a implantação e a operacionalização de artefatos territoriais. Em linha com as contribuições de Bracarense (2017) e Lopes (2023), essa abordagem transcende a lógica setorial tradicional do planejamento governamental. A Engenharia Territorial propõe que a infraestrutura física — viária, energética e sanitária — seja compreendida como um conjunto articulado voltado à oferta de serviços públicos de excelência. Essa visão sistêmica é essencial para enfrentar problemas complexos, sobretudo em regiões de fronteira econômica e áreas periféricas, nas quais o modelo fragmentado de investimento — que dissocia infraestrutura, financiamento e governança — tem se mostrado estruturalmente incapaz de reverter a marginalização socioeconômica.

Para superar essa fragmentação, a Engenharia Territorial fundamenta-se na delimitação de “territórios programáticos”, compreendidos como recortes espaciais definidos pela configuração de problemas estruturantes e pela necessidade de soluções integradas, e não por rígidas fronteiras administrativas (Aragão *et al.*, 2010). No cerne da operacionalização desse território situa-se a cadeia de negócios. Nessa perspectiva, a infraestrutura logística deixa de ser avaliada meramente como instrumento estático de redução de custos de transporte e passa a atuar como elemento estruturante. Ao articular as condições do espaço geográfico com as oportunidades de oferta e demanda, a rodovia viabiliza o fortalecimento de segmentos-âncora, que não apenas estruturam cadeias produtivas específicas, mas também geram novas âncoras, induzindo a diversificação econômica, a emergência de arranjos produtivos dinâmicos e o desenvolvimento de economias circulares locais.

A concepção e a implantação dessas cadeias de negócios exigem o atendimento a requisitos interdependentes: (i) um encadeamento desfragmentado, capaz de produzir um choque de eficiência nos processos logísticos e produtivos; (ii) a sinalização de vantagem locacional, induzindo a transformação socioeconômica necessária para que os investimentos privados se enraízem no território; (iii) a inovação estratégica, garantindo resiliência a riscos econômicos e ambientais; e (iv) o estabelecimento de mecanismos de governança e transparência que assegurem responsabilidade fiscal e corporativa.

No caso específico de regiões de fronteira agrícola com infraestrutura logística deficiente, essa abordagem implica reconhecer que a pavimentação de uma rodovia é indissociável de políticas de desenvolvimento produtivo e atração industrial. Trata-se de um vetor catalisador para viabilizar a transição de economias periféricas, historicamente assentadas na exportação de *commodities in natura*, para sistemas agroindustriais integrados com elevada agregação de valor local.

Em suma, a Engenharia Territorial atua como mediadora estratégica entre a ação do Estado, as características do espaço e as demandas socioeconômicas. Seu objetivo primordial é garantir que o financiamento da infraestrutura seja planejado com vistas à geração de valor territorial, à efetividade do papel constitucional do Estado e ao aumento da arrecadação fiscal futura, indo muito além do fluxo de caixa imediato. É essa perspectiva teórica que fundamenta a metodologia adotada neste estudo, a qual não se limita a estimar custos e benefícios de um projeto rodoviário isolado, mas se

propõe a quantificar os impactos sistêmicos da melhoria da infraestrutura sobre a ativação de cadeias produtivas e a consequente sustentabilidade fiscal dos investimentos.

3. Metodologia

O presente estudo configura-se como pesquisa aplicada, de natureza quantitativa, estruturada como estudo de caso voltado à avaliação da viabilidade econômico-fiscal de investimentos em infraestrutura rodoviária. O caso analisado é o trecho não pavimentado da BR-430, no oeste da Bahia, região do MATOPIBA caracterizada por elevado potencial produtivo agrícola e insuficiência de infraestrutura logística. A estratégia metodológica adota abordagem dedutiva e prospectiva, partindo de diagnóstico territorial e de projeções de expansão produtiva para estimar impactos econômicos e fiscais futuros em diferentes cenários.

O método estrutura-se em sete etapas integradas, que articulam diagnóstico de mercado, diagnóstico territorial, modelagem produtiva e avaliação fiscal de investimentos em infraestrutura rodoviária. Na primeira etapa, realiza-se estudo de mercado para soja e milho com base em dados da FAO, USDA, Abiove, Abramilho, Embrapa e Conab, identificando tendências de oferta e demanda, padrões de comércio internacional, estruturas de custos e parâmetros técnicos e econômicos de plantas agroindustriais, que servem de premissa para as projeções subsequentes.

Em seguida, procede-se ao levantamento territorial e ao diagnóstico socioeconômico dos municípios inseridos em corredores de infraestrutura rodoviária em regiões de fronteira agrícola, utilizando bases como IBGE, MapBiomass, secretarias estaduais, INPE, ANTT e DNIT para caracterizar demografia, estrutura produtiva, uso e cobertura do solo e infraestrutura logística existente.

A terceira etapa consiste no diagnóstico detalhado da infraestrutura logística, com foco em rodovias e vias de acesso secundárias, incluindo extensão, condição dos trechos pavimentados e não pavimentados, pontos críticos e distâncias até centros consumidores e terminais de exportação. Essa etapa permite identificar gargalos e parâmetros para estimativa dos custos de pavimentação.

Na quarta etapa, são mapeadas as cadeias produtivas de soja, milho e pecuária por meio da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE), identificando-se elos a montante, a jusante e de apoio, bem como lacunas críticas de processamento e armazenagem que limitam a agregação de valor local e a retenção da base tributária nos territórios.

A quinta etapa quantifica o potencial produtivo agropecuário dos territórios servidos por infraestrutura rodoviária, combinando a identificação de áreas aptas à expansão agrícola, com base no MapBiomass e em mapas de aptidão agropecuária, à seleção de cultivos-âncora (soja e milho) e à definição de cenários de produtividade — baixa, média e alta — a partir de séries históricas e *benchmarks* nacionais, para projetar a produção em horizonte de dez anos.

A sexta etapa desenvolve uma modelagem econômico-fiscal integrada que, a partir das projeções de produção, dimensiona plantas agroindustriais tecnicamente viáveis, calcula o Valor Bruto da Produção (VBP) e a oferta total a preços ao consumidor (OTpc), com base na Matriz de Recursos e Usos do Sistema de Contas Nacionais, e estima o potencial de arrecadação tributária indireta ao longo das cadeias produtivas, comparando um cenário com agregação de valor local a um cenário-base de exportação de *commodities in natura*.

Na sétima etapa, avalia-se a viabilidade fiscal dos investimentos em infraestrutura rodoviária por meio da comparação entre o custo total de implantação ou melhoria do pavimento em trechos estratégicos — estimado a partir de séries de custos do DNIT e de índices da FGV — e o valor presente das receitas tributárias incrementais projetadas ao longo do horizonte de análise. Esse procedimento, baseado na atualização das receitas futuras por meio de taxa de desconto adequada, permite verificar se o valor presente da arrecadação adicional é suficiente para justificar o investimento público em infraestrutura, em consonância com metodologias de análise de investimentos utilizadas em finanças públicas e avaliação de projetos de infraestrutura.

4. Estudo de caso: a dinâmica territorial do matopiba e o eixo da BR-430

4.1. Caracterização da Área de Estudo e Estrutura Socioeconômica

O recorte espacial selecionado para a aplicação empírica da metodologia abrange a zona de influência direta da rodovia federal BR-430, compreendendo um polígono de oito municípios situados no oeste do estado da Bahia, conforme a Figura 1. Essa área encontra-se inserida na macrorregião do MATOPIBA, reconhecida na literatura contemporânea como a mais expressiva fronteira de expansão agrícola do território nacional. A região caracteriza-se por uma transição edafoclimática entre os biomas Cerrado e Caatinga, cujos atributos físicos — notadamente a topografia plana e a profundidade dos solos — propiciaram a rápida consolidação da agricultura mecanizada em larga escala.

Financiamento de infraestrutura rodoviária via agregação de...
MARCOS PAULO DE ASSIS TEIXEIRA NONATO Y YAEKO YAMASHITA

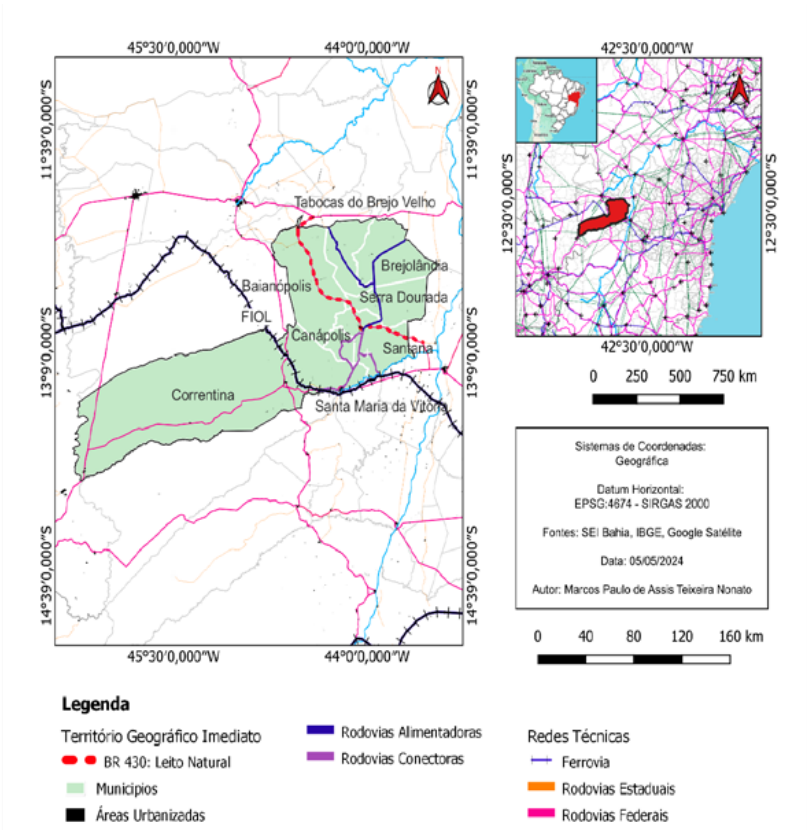


Figura 1. Mapa de localização do trecho de estudo. Fonte: elaboração própria (2024).

A despeito de sua relevância produtiva, a análise demográfica e espacial do território evidencia as contradições inerentes a uma economia periférica de base primário-exportadora. A Tabela 1 sintetiza o perfil demográfico e territorial da região.

Tabela 1. Características territoriais e demográficas da região da BR-430.
Fonte: Elaboração própria (2025).

Indicador	Valor
Área territorial total	24.456,33 km ²
População total (IBGE, 2023)	145.829 habitantes
Densidade demográfica	5,96 hab/km ²
Área Urbanizada	0,13%

O polígono em estudo compreende uma extensão territorial superior à do estado de Sergipe. Contudo, a densidade demográfica rarefeita (5,96 hab./km²) e a taxa de urbanização incipiente (0,13%) configuram um característico vazio demográfico, sintomático de economias de enclave, nas quais a intensidade do capital aplicado no campo não repercute na consolidação de redes urbanas complexas.

Essa assimetria estrutural reflete-se na composição do Produto Interno Bruto (PIB) regional, cujo montante totalizou R\$ 5,16 bilhões no ano-base de 2021, conforme evidenciado na Tabela 2.

Tabela 2. Composição setorial do PIB da região da BR-430.
Fonte: Elaboração própria (2025).

Indicador	Valor (R\$ mil)	Participação (%)
PIB total (IBGE, 2021)	5.166.705	100,0
VAB Agropecuária	2.362.423	45,72
VAB Indústria	434.525	8,41
VAB Serviços	2.027.989	39,25
Impostos sobre produtos	341.770	6,61

Observa-se forte dependência macroeconômica do setor primário. O Valor Adicionado Bruto (VAB) da agropecuária representa 45,72% da economia local, patamar substancialmente superior à média nacional — historicamente próxima de 6%. Em contrapartida, a participação do setor industrial restringe-se a 8,41%, denotando a primarização da economia, que abdica da retenção da mais-valia gerada pelo processamento industrial e atua predominantemente como fornecedora de matérias-primas. A vulnerabilidade desse modelo é agravada pela concentração da matriz agrícola, detalhada na Tabela 3.

Tabela 3. Produção agrícola da região da BR-430 em 2023.
Fonte: Elaboração própria (2025).

Cultura	Área (ha)	Produção (t)	Participação (%)
Soja	237.457	907.126	53,76
Milho	45.813	464.788	27,54
Algodão	42.807	212.061	12,57
Outras culturas	13.547	294.374	17,44
Total Lavouras	339.624	1.687.494	100,0

Os dados da Produção Agrícola Municipal (IBGE, 2023) indicam que soja e milho respondem conjuntamente por mais de 81% da produção das lavouras, superando 1,3 milhão de toneladas. Essa especialização em *commodities in natura*, desprovida de encadeamentos industriais a jusante, ratifica a necessidade de formulação de estratégias territoriais voltadas à agregação de valor local, dado que já existe escala produtiva suficiente para sustentar a agroindustrialização.

4.2. Infraestrutura Logística e Gargalos Identificados

A assimetria entre a pujança produtiva e a evasão de riqueza regional parece encontrar seu principal fator explicativo na descontinuidade da infraestrutura de transportes. A rodovia federal BR-430, que se estende por 425,8 quilômetros no estado da Bahia, apresenta, no recorte territorial estudado, um passivo estrutural crítico: aproximadamente 170 quilômetros de leito natural (não pavimentados), concentrados predominantemente nos municípios de Baianópolis, Santana e Serra Dourada. Essa deficiência viária impõe significativa fricção espacial ao fluxo de cargas, sobretudo durante o regime pluviométrico regional, entre outubro e março, período em que a trafegabilidade é drasticamente prejudicada.

O diagnóstico territorial das redes técnicas demonstra uma articulação espacial fragmentada e dependente de nós de conexão que carecem de integração plena. Municípios como Tabocas do Brejo Velho e Brejolândia atuam apenas como nós rodoviários locais de escoamento, enquanto Santa Maria da Vitória e Canápolis procuram suprir a demanda ao exercerem o papel de polos provedores de serviços e conexão intermodal viária estadual. Adicionalmente, o município de Correntina destaca-se pelo elevado potencial estratégico, dada a interseção com o traçado da Ferrovia de Integração Oeste-Leste (FIOL) e a perspectiva de implantação de um terminal ferroviário. Trata-se de ponto crítico para o escoamento de grãos em larga escala; contudo, a eficácia desse modo de transporte de alta capacidade está diretamente subordinada à pavimentação de vias alimentadoras, como a BR-430.

A análise do grau de completude das cadeias produtivas corrobora a fragilidade territorial, apontando que a oferta de atividades de apoio — a exemplo de serviços de logística especializada e armazenagem integrada — apresenta nível de desenvolvimento médio de incipientes 55% na região. Consequentemente, a longa distância até os portos de exportação — entre 800 e 820 km até o Porto de Salvador e cerca de 870 km até o Porto de Ilhéus, atualmente em construção —, associada à escassez de infraestrutura viária e de suporte, obriga os produtores a escoarem as *commodities in natura* imediatamente após a colheita para centros processadores externos, como Barreiras e Luís Eduardo Magalhães. Essa dinâmica de evasão inviabiliza a operação de plantas agroindustriais locais — que demandam acessibilidade contínua e custos de transporte estabilizados —, além de comprimir as margens de lucro dos produtores, limitar a retenção de capital e impedir o incremento da arrecadação tributária dos municípios lindeiros.

4.3. Aplicação da Metodologia

Com o intuito de aferir a viabilidade empírica da transição de um modelo primário-exportador para um arranjo agroindustrial integrado, procedeu-se à projeção da expansão da base produtiva regional para um horizonte decenal (2024–2033). A modelagem econométrica fundamentou-se na capacidade de suporte territorial, delimitada pela análise espacial de uso e cobertura do solo, e no comportamento histórico das principais cadeias de valor. A Tabela 4 sistematiza os parâmetros e os resultados projetados para a cultura da soja, enquanto a Figura 2 apresenta as trajetórias projetadas da produção total de soja e da parcela destinada ao mercado nacional.

Tabela 4. Parâmetros de modelagem e projeções de expansão para a cultura da soja (horizonte 2024–2033). Fonte: Elaboração própria (2025), a partir de dados do MapBiomass e do IBGE.

Parâmetro Analítico	Valor Adotado / Projetado
Passivo de área legalmente conversível (Cerrado)	130.428,23 ha
Taxa geométrica de conversão anual	13.042,82 ha/ano
Produtividade média estabilizada	5.059 kg/ha
Taxa de crescimento histórico (CAGR 2013–2023)	11,41% ao ano
Taxa de crescimento projetada	5,62% ao ano
Oferta retida para o mercado nacional (Ano 6 – 2029)	495.000 toneladas

Financiamento de infraestrutura rodoviária via agregação de...
MARCOS PAULO DE ASSIS TEIXEIRA NONATO Y YAEKO YAMASHITA

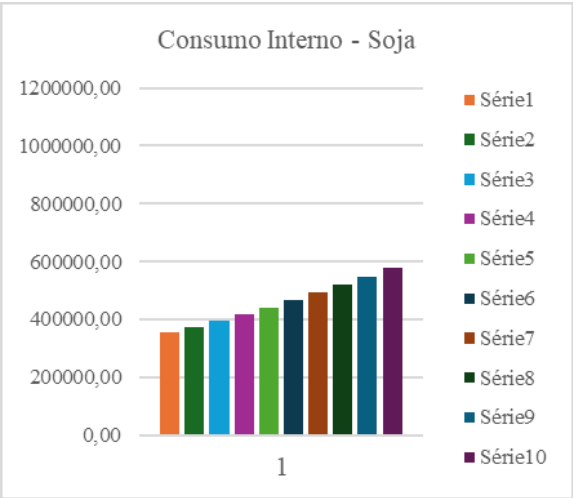


Figura 2. Projeção da produção de soja e distribuição no mercado interno.
Fonte: Elaboração própria (2025).

A análise indica que a produção destinada ao mercado nacional atingiria 495.000 toneladas no sexto ano da projeção (2029), volume suficiente para viabilizar a instalação de uma planta esmagadora de soja com capacidade de processamento de 1.500 t/dia, operando 330 dias por ano (495.000 t/ano).

De forma complementar, a projeção para a cultura do milho — que atua predominantemente em sinergia com a soja nos sistemas de sucessão de culturas (safrinha) — seguiu o mesmo rigor de delimitação espacial. Contudo, incorporou-se a variável de absorção intrínseca ao mercado doméstico, cujos parâmetros encontram-se detalhados na Tabela 5, enquanto a Figura 3 apresenta a trajetória projetada da produção de milho.

Tabela 5. Parâmetros de modelagem e projeções de expansão para a cultura do milho (horizonte 2024–2033). Fonte: Elaboração própria (2025), a partir de dados do MapBiomass, IBGE e Abramilho.

Parâmetro Analítico	Valor Adotado / Projetado
Área disponível para expansão (dedicada e rotação)	55.897,81 ha
Taxa geométrica de conversão anual	5.589,78 ha/ano
Produtividade média estabilizada	8.800 kg/ha
Taxa de crescimento histórico (CAGR 2013–2023)	16,36% ao ano
Absorção estimada pelo mercado interno (Abramilho)	78% da produção
Taxa de crescimento implícita projetada	12,04% ao ano
Oferta retida para o mercado doméstico (Ano 8 – 2031)	825.000 toneladas

Considerando que 78% da produção nacional de milho destina-se ao mercado interno — conforme parâmetro da Abramilho —, a produção regional atingiria 825.000 toneladas destinadas ao mercado doméstico no oitavo ano da projeção (2031), viabilizando a instalação de uma planta processadora de milho com capacidade de 2.500 t/dia (825.000 t/ano).

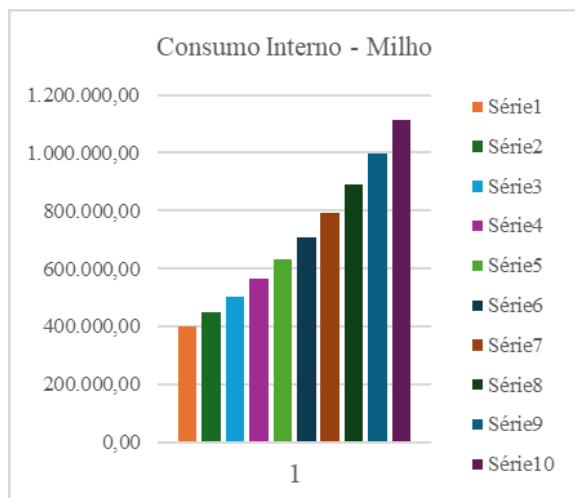


Figura 3. Projeção da produção de milho e distribuição no mercado interno.
Fonte: Elaboração própria (2025).

A definição dos parâmetros que fundamentam a modelagem foi orientada por premissas de prudência metodológica. A adoção de taxas de crescimento projetadas substancialmente inferiores ao comportamento histórico nacional da última década — com redução de 11,41% da média nacional para 5,62% da média regional ao ano na cultura da soja e de 16,36% da média nacional para 12,04% da média regional na cultura do milho — confere maior robustez preditiva aos resultados. Na avaliação de viabilidade de projetos de infraestrutura de transportes, a mitigação do viés de otimismo constitui diretriz fundamental. Ao estruturar cenários de expansão mais conservadores, garante-se que a projeção da futura base de arrecadação fiscal, responsável por amortizar os investimentos na pavimentação da BR-430, não seja superestimada.

Sob a ótica do planejamento territorial, cabe destacar que a delimitação das áreas potenciais para expansão (aproximadamente 130 mil hectares para a soja e 55 mil hectares para o milho) foi baseada estritamente em polígonos com aptidão agrícola e viabilidade legal para conversão, respeitando as diretrizes da legislação ambiental aplicável ao bioma Cerrado, validadas a partir dos dados espaciais do MapBiomas. Essa restrição assegura que o modelo de agroindustrialização induza à otimização do uso do solo e à intensificação tecnológica, desvinculando o desenvolvimento regional de dinâmicas de degradação ambiental indiscriminada.

Por conseguinte, os volumes físicos projetados para o abastecimento do mercado interno transcendem a mera estimativa de excedentes de safra. Tais montantes representam a escala mínima viável exigida para a reestruturação da matriz econômica regional. O atingimento desses patamares assinala o marco temporal em que o território consolida a densidade produtiva necessária para justificar, sob critérios estritamente técnicos e de mercado, a implantação de unidades de esmagamento de oleaginosas e usinas de biocombustíveis. A retenção local dessa matéria-prima, historicamente exportada *in natura* sob forte fricção espacial, viabiliza o adensamento da cadeia de valor e a consequente geração do excedente tributário essencial para o autofinanciamento da infraestrutura logística no território. A consecução desses volumes consubstancia a escala mínima viável para a inserção de plantas agroprocessadoras âncoras. O dimensionamento técnico-operacional dessas estruturas é detalhado nas Tabelas 6 e 7.

Tabela 6. Características da planta esmagadora de soja proposta. Fonte: Elaboração Própria (2025)

Parâmetro	Valor
Capacidade de processamento	1.500 t/dia
Dias operacionais por ano	330 dias
Capacidade anual	495.000 t/ano
Ano de instalação viável	2029 (ano 6)
Investimento estimado	R\$ 180 milhões
Empregos diretos	220 empregos

Tabela 7. Características da planta de usina de etanol de milho proposta. Fonte: Elaboração Própria (2025)

Parâmetro	Valor
Capacidade de processamento	2.500 t/dia
Dias operacionais por ano	330 dias
Capacidade anual	825.000 t/ano
Ano de instalação viável	2031 (ano 8)
Investimento estimado	R\$ 280 milhões
Empregos diretos	310 empregos

A implantação conjugada dessas unidades processadoras transcende a mera justaposição de infraestruturas fabris, configurando a gênese de um complexo agroindustrial integrado de base territorial. Ao operar com tecnologias convencionais em escala otimizada, a transição da exportação de grãos *in natura* para a produção local de óleo e farelo de soja, associada à destilação de etanol e formulação de nutrição animal (a exemplo dos Dried Distillers Grains - DDG), promove o adensamento dos encadeamentos produtivos à jusante.

Sob a ótica da economia regional, a injeção combinada de R\$ 460 milhões em investimentos privados e a criação de 530 postos de trabalho industriais diretos representam um choque estrutural de dinamismo em um território historicamente caracterizado pelo vazio demográfico e pela extrema especialização primária. A absorção dessa mão de obra fomenta robustos efeitos multiplicadores nos setores de comércio e serviços locais, rompendo a inércia do modelo de enclave agrícola.

Ademais, ao destinar a produção processada predominantemente para o abastecimento do mercado interno, o modelo altera a matriz de fluxos da região. Essa reestruturação mitiga a vulnerabilidade do território às flutuações das *commodities* globais, internaliza a mais-valia no município de origem e reduz o peso do frete e da fricção espacial sobre a rentabilidade final, consolidando a agregação de valor como o motor do desenvolvimento regional autossustentável.

4.4 *Análise integrada de viabilidade: orçamentação da infraestrutura e captura de valor fiscal*

A validação da hipótese central da pesquisa exige o confronto direto entre o dispêndio de capital necessário para a superação do gargalo logístico e a capacidade de autofinanciamento gerada pelo adensamento da cadeia produtiva. Sob essa premissa, a lógica analítica estrutura-se inicialmente na mensuração do custo da intervenção rodoviária, seguida da avaliação do potencial de amortização via incremento da arrecadação tributária.

4.4.1. *Estimativa de custos de implantação da infraestrutura rodoviária (Capex)*

A orçamentação para a pavimentação do trecho de leito natural da rodovia BR-430 foi desenvolvida mediante a aplicação de metodologia paramétrica, fundamentada nas séries históricas de custos unitários de obras rodoviárias do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), referentes ao período de 2018 a 2024. Os valores foram atualizados pelos índices de custos da construção civil da Fundação Getulio Vargas (FGV-ICCBR) e ajustados por fatores de complexidade geotécnica e logística inerentes à região. A abordagem metodológica obedeceu rigorosamente às diretrizes do Manual de Custos Rodoviários do DNIT (versão de 2023), incorporando premissas conservadoras para a valoração de itens sujeitos a elevada variabilidade técnica, tais como terraplenagem em topografias acidentadas, fundações especiais em solos expansivos e transporte de materiais granulares.

O projeto conceitual adotado como referência para a estimativa orçamentária considerou especificações compatíveis com os padrões federais para regiões de médio tráfego (Volume Médio Diário projetado entre 1.500 e 3.000 veículos). O dimensionamento previu a pavimentação de 170 quilômetros contínuos, caracterizando a via como Rodovia Federal Classe IB (pista simples, com duas faixas de rolamento e acostamentos bilaterais), estruturada com pavimento flexível em Concreto Asfáltico Usinado a Quente (CAUQ) sobre base granular. A Tabela 8 sintetiza os custos estimados.

Tabela 8. Estimativa de custos de pavimentação da BR-430 em 2024. Fonte: elaboração própria (2025)

Item	Custo Total (R\$ mil)
Mobilização e Desmobilização	152,10
ADM Local	48.026,92
Canteiro de Obras	4.038,63
Terraplenagem, Drenagem, OAC, Complementares, Ambiental	188.301,35
Pavimentação, Aquisição e Transporte de Material Betuminoso	276.608,04
Custo total estimado	517.129,04

A consolidação orçamentária aponta um dispêndio de capital (Capex) da ordem de R\$ 517,13 milhões. Esse montante traduz-se em um custo paramétrico médio de R\$ 3,04 milhões por quilômetro, métrica consistente com os referenciais nacionais do DNIT para intervenções viárias em regiões de topografia predominantemente plana.

4.4.2. Modelagem do potencial de arrecadação fiscal indireta

Estabelecido o custo de provisão da infraestrutura, procedeu-se à estimativa das receitas tributárias indiretas geradas pela transição produtiva nas cadeias da soja e do milho. O objetivo é mensurar a capacidade de o Estado internalizar a valorização econômica territorial. Para a estruturação do cálculo, extraíram-se os coeficientes macroeconômicos da Matriz de Recursos e Usos do Sistema de Contas Nacionais do IBGE, refletindo a dinâmica tributária aplicável aos produtos agropecuários *in natura* e aos bens agroindustriais (Tabela 9).

Tabela 9. Parâmetros para estimativa de arrecadação fiscal. Fonte: elaboração própria (2025)

Parâmetro	Soja (in natura)	Milho (in natura)	Esmagadora de Soja	Usina de Etanol de Milho
POTpc (coef. Contas Nacionais)	0,9367	0,8172	0,8443	0,7409
TI (coef. Contas Nacionais)	0,0034	0,0096	0,156	0,1430

Os coeficientes da Taxa de Incidência Total de Impostos (TI) explicitam a ineficiência fiscal do modelo estritamente primário. A agregação de valor via processamento industrial altera substancialmente a incidência tributária nas etapas de transformação, transporte especializado e comercialização. A modelagem indica que a agroindustrialização eleva a carga tributária efetiva de 0,34% para 15,6% na cadeia da soja e de 0,96% para 14,3% na cadeia do milho. A aplicação desses fatores aos volumes produtivos projetados resulta na trajetória de fluxo de caixa fiscal sistematizada na Tabela 10.

Tabela 10. Projeção de arrecadação fiscal indireta anual (valores nominais). Fonte: elaboração própria (2025)

Ano	Arrec. Soja (R\$ mil)	Arrec. Milho (R\$ mil)	Arrec. Total (R\$ mil)
2024	7.649,59	5.757,40	13.406,99
2025	8.079,36	6.450,53	14.529,89
2026	8.533,28	7.227,11	15.760,39
2027	9.012,71	8.097,17	17.109,88
2028	9.519,07	9.071,99	18.591,06
2029	38.350,82	10.164,16	48.514,98
2030	38.915,67	11.387,82	50.303,49
2031	39.512,26	92.773,18	132.285,44
2032	40.142,37	94.309,20	134.451,57
2033	40.807,88	96.030,15	136.838,03
Total	240.523,02	341.268,71	581.791,73

A análise da série temporal evidencia rupturas estruturais na trajetória de arrecadação do território. Constata-se que, até o ano de 2028, o crescimento das receitas baseia-se estritamente na expansão da fronteira agrícola. A primeira inflexão significativa ocorre em 2029, coincidindo com o início das operações da unidade esmagadora de soja. Esse evento promove um incremento imediato de 32% no montante arrecadado,

Financiamento de infraestrutura rodoviária via agregação de...
MARCOS PAULO DE ASSIS TEIXEIRA NONATO Y YAEKO YAMASHITA

em comparação com o cenário-base desprovido de industrialização. Em seguida, a entrada em operação da usina de etanol de milho, em 2031, consolida um segundo salto arrecadatatório, agregando incremento adicional de 28% nas receitas atreladas a essa cadeia produtiva.

O resultado mais expressivo dessa modelagem reside no saldo acumulado ao longo do horizonte decenal. A projeção aponta a geração de R\$ 581,79 milhões em receitas tributárias indiretas incrementais. Ao confrontar esse montante com o custo de capital exigido para a pavimentação do trecho de leito natural da BR-430 (R\$ 517,13 milhões), atesta-se a viabilidade econômico-financeira do arranjo proposto, conforme observado na Figura 4. Os dados demonstram que o excedente tributário capturado, decorrente da retenção do valor adicionado localmente pela agroindústria, é capaz de amortizar integralmente o investimento rodoviário e, adicionalmente, gerar superávit para o ente público no médio prazo. Corrobora-se, por conseguinte, a hipótese de que investimentos em infraestrutura logística em regiões de fronteira agrícola possuem capacidade de autofinanciamento, desde que concebidos sob a ótica do planejamento integrado e atrelados a estratégias territoriais de adensamento da cadeia de valor.

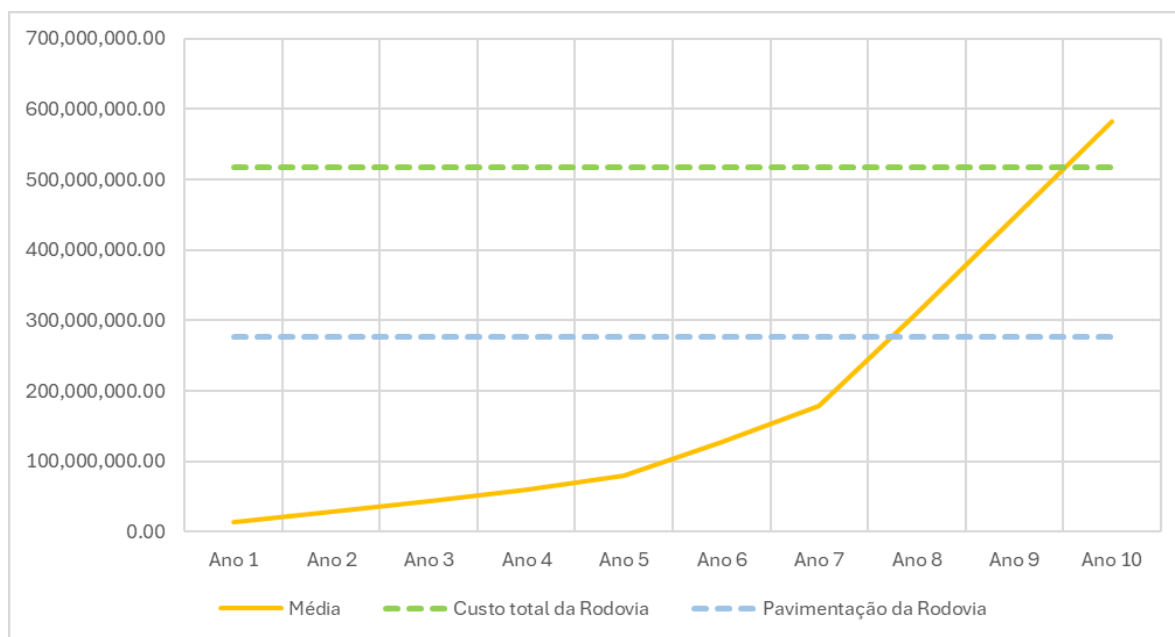


Figura 4. Projeção de arrecadação indireta acumulada (soja + milho) (em R\$).
Fonte: elaboração própria (2025)

Embora a viabilidade matemático-financeira do modelo de captura de valor fiscal demonstre aderência empírica, a materialização desse cenário exige mudança de paradigma no desenho institucional das políticas de infraestrutura. O *framework* aqui testado evidencia que a rodovia, isoladamente, não é a geradora direta da receita; ela atua como vetor mitigador do risco logístico, viabilizando o investimento privado (estimado em R\$ 460 milhões para as plantas-âncora).

Desse modo, a principal implicação territorial deste estudo é a constatação de que o sucesso do autofinanciamento logístico depende de uma articulação público-privada

intrínseca. Para mitigar o risco de o ente estatal prover a infraestrutura viária sem observar a contrapartida da industrialização — o que inviabilizaria o *payback* fiscal —, a Engenharia Territorial pressupõe planejamento integrado. O provimento da BR-430 deve ser concebido não apenas como uma rubrica isolada no orçamento do Ministério dos Transportes, mas como parte de um pacote de desenvolvimento regional que envolva, simultaneamente, o licenciamento ambiental prévio para os polos industriais e a formulação de incentivos creditícios condicionados à instalação das unidades processadoras na região de origem.

Ao vincular a provisão da infraestrutura física à garantia de atração do capital agro-industrial, o modelo transcende a métrica tradicional da engenharia de tráfego. Ele oferece aos formuladores de políticas públicas uma ferramenta robusta para converter regiões de economia de enclave primário-exportador em polos de desenvolvimento socioeconômico autossustentáveis, rompendo a dependência de orçamentos estatais deficitários para a expansão da malha logística nacional.

5. Análise dos resultados

Este estudo desenvolveu e testou empiricamente uma metodologia estruturada para avaliar a viabilidade econômico-fiscal do financiamento de infraestrutura rodoviária por meio da captura de valor gerada pelo adensamento de cadeias agroindustriais. Aplicado ao contexto desafiador de uma fronteira agrícola em expansão — o MATOPIBA —, o *framework* integrou diagnóstico territorial multidimensional, projeções econométricas espaciais, dimensionamento técnico-operacional de empreendimentos processadores e análise de fluxo de caixa em horizonte de longo prazo.

Os resultados demonstram que é possível quantificar, de forma rigorosa e reproduzível, os impactos fiscais indiretos de investimentos logísticos. A inovação metodológica repousa na utilização da estrutura de insumo-produto do Sistema de Contas Nacionais (IBGE) para capturar não apenas os tributos incidentes sobre a produção primária, mas também o conjunto de impostos indiretos gerados ao longo de toda a cadeia de valor. Confirmou-se matematicamente que a transição da exportação de *commodities in natura* para a industrialização local eleva substancialmente a carga tributária efetiva retida na região.

Do ponto de vista produtivo, as projeções atestaram que a mitigação da fricção espacial, viabilizada pela pavimentação, induz a expansão agrícola a volumes compatíveis com a escala econômica exigida por plantas industriais competitivas. No horizonte de curto e médio prazo, a região atinge massa crítica para sustentar operações de esmagamento de soja e processamento de etanol de milho. A partir dessa nova base instalada, a análise financeira evidenciou que os incrementos de arrecadação indireta geram um valor presente de receitas capaz de superar e amortizar integralmente o *Capex* inicial de R\$ 517 milhões investido na infraestrutura.

Em suma, os achados corroboram a hipótese central: a provisão de infraestrutura logística, quando acoplada à instalação de polos agroindustriais, gera volume de externalidades fiscais positivas suficiente para justificar o investimento público sob a ótica da sustentabilidade financeira. Conclui-se que a captura de valor fiscal constitui

instrumento pragmático de desenvolvimento regional, demandando, para seu êxito, o desenho de políticas públicas coordenadas que vinculem a execução de obras viárias a estratégias deliberadas de atração de capital industrial privado.

6. Conclusões e limitações do estudo

Embora o modelo demonstre consistência empírica, este estudo apresenta limitações intrínsecas que delimitam a interpretação dos resultados e inauguram agendas para pesquisas futuras.

A principal limitação diz respeito à inferência causal. A arquitetura metodológica, baseada em projeções prospectivas e cenários contrafactuais, assume relação direta entre melhoria da infraestrutura rodoviária, expansão produtiva e agregação de valor agroindustrial. Contudo, o desenho de estudo de caso único *ex ante*, sem grupo de controle, não permite isolar com rigor o efeito específico da infraestrutura em relação a outros fatores não observados. Políticas estaduais e municipais de atração de investimentos, ciclos de preços internacionais de *commodities*, mudanças macroeconômicas (câmbio e crédito rural) e inovações tecnológicas podem, simultaneamente, influenciar a decisão de pavimentar e a dinâmica de investimentos agroindustriais, gerando risco de confundimento. Pesquisas futuras poderiam reforçar a validade interna por meio de desenhos quase experimentais, como comparações entre municípios atendidos e não atendidos por investimentos rodoviários, métodos de controle sintético ou estratégias de regressão em descontinuidade associadas a critérios de elegibilidade de projetos.

Uma segunda limitação refere-se ao tratamento de risco e incerteza. As projeções econômico-fiscais foram construídas com cenários determinísticos de produtividade, preços e custos de pavimentação, sem incorporar explicitamente modelagem probabilística dos riscos. Abordagens baseadas em simulação de Monte Carlo ou modelos estocásticos poderiam estimar distribuições de probabilidade, oferecendo visão mais robusta da variabilidade potencial dos resultados. Também não são explorados, em profundidade, os efeitos distributivos intrarregionais do modelo proposto. O estudo concentra-se na viabilidade fiscal agregada, sem detalhar como benefícios e custos se distribuem entre grandes e pequenos produtores, entre população urbana e rural ou entre municípios com diferentes capacidades fiscais. Essa dimensão é central para debates sobre equidade e legitimidade das políticas de captura de valor fiscal, e pesquisas futuras podem examinar a estrutura de ganhadores e perdedores em diferentes arranjos institucionais.

Há ainda limitações relevantes no tratamento dos impactos ambientais. A expansão projetada da produção agropecuária pressupõe conversão adicional de áreas de Cerrado, com implicações para biodiversidade, recursos hídricos e emissões de gases de efeito estufa, que não foram monetizadas nem integradas formalmente ao cálculo de viabilidade do investimento. Estudos posteriores deveriam incorporar avaliações ambientais estratégicas, modelagens de uso da terra e métricas de serviços ecossistêmicos, de modo a explicitar *trade-offs* entre desenvolvimento econômico e conservação ambiental.

Por fim, a validade externa do modelo permanece por ser testada. A aplicação concentrou-se em uma rodovia específica, em um recorte territorial delimitado e nas cadeias de soja e milho, o que limita a generalização automática para outros contextos. A replicação

Financiamento de infraestrutura rodoviária via agregação de...
MARCOS PAULO DE ASSIS TEIXEIRA NONATO Y YAEKO YAMASHITA

da metodologia em diferentes regiões, com cadeias produtivas alternativas e distintos tipos de infraestrutura, constitui agenda prioritária para avaliar a robustez e a adaptabilidade do *framework*, identificar fatores contextuais críticos — como estrutura fundiária, governança e base tributária — e refinar instrumentos de captura de valor fiscal em ambientes rurais e agroindustriais.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro que viabilizou o desenvolvimento desta pesquisa.

Referências

- » Aragão, J. J. G., Yamashita, Y., & Pricinote, M. A. (2010). *Engenharia territorial: Problemas e territórios programáticos*. CEFTRU/UnB. https://www.academia.edu/4787200/Engenharia_Territorial_Problemas_e_Territ%C3%B3rios_Program%C3%A1ticos
- » Aschauer, D. A. (1989). Is public expenditure productive? *Journal of Monetary Economics*, 23(2), 177–200. DOI: [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(89\)90047-0](https://doi.org/10.1016/0304-3932(89)90047-0).
- » Asian Development Bank. (2013). *Agribusiness infrastructure development investment program: Economic analysis – PFR1*. Asian Development Bank. <https://www.adb.org/sites/default/files/linked-documents/37091-02-ind-ea.pdf>
- » Assis, C. P., Costa, L. D. V., & Hirassaka, S. A. (2019). Infraestrutura logística brasileira de transporte e o impacto na escoação de grãos exportados pelo Brasil. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*. <https://www.eumed.net/rev/caribe/2019/10/infraestrutura-logistica-brasil.html>
- » Banister, D., & Berechman, J. (2000). *Transport investment and economic development*. UCL Press.
- » Bracarense, L. S. F. P. (2017). *Elementos para um modelo inovador de parcerias público-privadas em infraestrutura de transportes: estudo aplicado à hidrovía do Rio Tocantins* [Tese de doutorado, Universidade de Brasília]. Repositório Institucional da UnB. <http://repositorio.unb.br/handle/10482/36917>
- » Brasil. Ministério dos Transportes. (2012). Financiamento da infraestrutura de transportes no Brasil. In C. A. S. Campos Neto et al. (Orgs.), *Brasil em desenvolvimento 2011: Estado, planejamento e políticas públicas* (pp. 103–132). IPEA. https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/14434/2/Financiamento%20da%20infraestrutura%20de%20transportes%20no%20Brasil_P.pdf
- » Chiavari, J., Coser, G., Canini R., & Moreno, I. (2022) *Panorama de Financiamento de Rodovias e Ferrovias na Região Norte e no Brasil: Elementos para uma Melhor Governança dos Investimentos na Amazônia*. Rio de Janeiro: Climate Policy Initiative. <https://www.climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2022/11/Panorama-de-Financiamento-de-Rodovias-e-Ferrovias.pdf>
- » Comitê Interministerial de Planejamento da Infraestrutura. (2021). Plano integrado de longo prazo da infraestrutura: 2021–2050. Secretaria-Executiva do Comitê/Casa Civil/Presidência da República. <https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/colegiados/comite-interministerial-de-planejamento-da-infraestrutura/pilpi.pdf>
- » Confederação Nacional da Indústria. (2016). *O financiamento do investimento em infraestrutura no Brasil*. CNI.
- » Correa, V. H. C., & Ramos, P. (2010). A precariedade do transporte rodoviário brasileiro para o escoamento da produção de soja do Centro-Oeste: Situação e perspectivas. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 48(2), 447–472. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-20032010000200009>
- » Food and Agriculture Organization. (2014). *Developing sustainable food value chains: Guiding principles*. FAO. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/e47d2ad8-5910-435e-a6b4-92dda2367dc7/content>

- » Frischtak, C. R. (2013). Infraestrutura e desenvolvimento no Brasil. In F. Veloso et al. (Orgs.), *Desenvolvimento econômico: Uma perspectiva brasileira* (pp. 279–310). Elsevier/FGV.
- » Germán, L., & Bernstein, A.E. (2018). *Land value capture: Tools to finance our urban future*. Lincoln Institute of Land Policy. <https://www.lincolninst.edu/app/uploads/legacy-files/pubfiles/land-value-capture-policy-brief.pdf>
- » Gonçalves, R. R., Braatz, J., & Moraes, G. I. (2017). Infraestrutura de transportes no Rio Grande do Sul e desenvolvimento regional. *Revista FEE*. https://www.pucrs.br/face/wp-content/uploads/sites/6/2016/03/109_RODRIGO-DA-ROCHA-GONCALVES-2.pdf
- » Gramlich, E. M. (1994). Infrastructure investment: A review essay. *Journal of Economic Literature*, 32(3), 1176–1196. <http://www.jstor.org/stable/2728606>
- » Ingram, G., & Hong, Y.-H. (Orgs.). (2012). *Land value capture: Types and outcomes*. Lincoln Institute of Land Policy. <https://www.lincolninst.edu/app/uploads/legacy-files/pubfiles/value-capture-and-land-policies-chp.pdf>
- » Infrastructure Victoria. (2016). *Value capture: Options, challenges and opportunities for funding infrastructure*. Infrastructure Victoria. https://assets.infrastructurevictoria.com.au/assets/Resources/IV18-Value-Capture-Options_Final-web_v2_0.pdf
- » Instituto de Estudos Socioeconômicos. (2024). *Perfil de financiamento da infraestrutura logística no Brasil*. INESC. <https://inesc.org.br/wp-content/uploads/2024/03/financiamento-infraestrutura-amazonia-inesc.pdf>
- » Limão, N., & Venables, A. J. (2001). Infrastructure, geographical disadvantage, transport costs, and trade. *World Bank Economic Review*, 15(3), 451–479. <https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/43714eab-d8ca-5d65-a1b9-f749a3c010ee/content>
- » Lopes, E. P. (2023). *Desenho da cadeia do agronegócio e análise da sua completude como ferramentas para assegurar arrecadação fiscal* [Tese de doutorado, Universidade de Brasília]. Repositório Institucional da UnB. <http://repositorio.unb.br/handle/10482/49402>
- » Mathur, S. (2017). Using tax increment financing to fund public transportation: Enabling environment and equity impacts. *Public Works Management & Policy*, 24(1), 42–66. <https://doi.org/10.1177/1087724X16683404>
- » Nonato, M. P. A. T., & Yamashita, Y. (2025). A influência da densidade rodoviária na completude das cadeias de soja e milho e no desempenho econômico municipal. In *Anais do 39º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes – ANPET* (pp. 1050-1054). ANPET. <https://congresso.anpet.org.br/2025/2025-ANAIS.pdf>
- » Organization for Economic Co-operation and Development. (2022). *Financing transportation infrastructure through land value capture*. OECD Regional Development Papers. DOI: <https://doi.org/10.1787/8015065d-en>.
- » Smolka, M. O. (2013). *Implementing value capture in Latin America: Policies and tools for urban development*. Lincoln Institute of Land Policy. https://www.lincolninst.edu/app/uploads/legacy-files/pubfiles/implementing-value-capture-in-latin-america-full_1.pdf
- » Suzuki, H., Murakami, J., Hong, Y.-H., & Tamayose, B. (2015). *Financing transit oriented development with land values: Adapting land value capture in*

Financiamento de infraestrutura rodoviária via agregação de...
MARCOS PAULO DE ASSIS TEIXEIRA NONATO Y YAEKO YAMASHITA

developing countries. World Bank. <http://documents.worldbank.org/curated/en/468551468165570019>

- » Vickrey, W. (1965). Pricing in urban and suburban transport. *American Economic Review*, 55(2), 452–465. <http://www.jstor.org/stable/1823886>

Marcos Paulo de Assis Teixeira Nonato / marcosp.arch@gmail.com

Mestre em Arquitetura e Urbanismo, com ênfase em Planejamento e Projeto, pela Universidade de Brasília (UnB), Brasil.

Yaeko Yamashita / yaekoyamashita@gmail.com

Engenheira civil e pesquisadora sênior do CNPq, com doutorado pela University of Wales e pós-doutorado pelo Nagoya Institute of Technology. Possui mais de 30 anos de trajetória acadêmica e profissional, tendo sido pioneira na implementação de cursos de pós-graduação em Transportes no Brasil. Atua como pesquisadora colaboradora na Universidade de Brasília (UnB), com foco na área de Transportes. Sua atuação destaca-se em Engenharia Territorial, Desenvolvimento Regional e consultorias estratégicas para órgãos governamentais.