

# **Avaliação Econômica de Investimentos em Infraestrutura Rodoviária e Impacto no PIB dos Estados Brasileiros**

**(VERSÃO FINAL APÓS DEFESA)**

**Carlos José de Paiva Gama**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Economia**  
(2º ciclo de estudos)

Orientadora: Profa. Doutora Ana Paula Bernardino Matias Gama

**julho de 2024**



## **Declaração de Integridade**

Eu, Carlos José de Paiva Gama, que abaixo assino, estudante com o número de inscrição M12398 do 2º Ciclo em Economia da Faculdade de Ciências Sociais e Humanas - Departamento de Gestão e Economia, declaro ter desenvolvido o presente trabalho e elaborado o presente texto em total consonância com o **Código de Integridades da Universidade da Beira Interior**.

Mais concretamente afirmo não ter incorrido em qualquer das variedades de Fraude Académica, e que aqui declaro conhecer, que em particular atendi à exigida referenciação de frases, extratos, imagens e outras formas de trabalho intelectual, e assumindo assim na íntegra as responsabilidades da autoria.

Universidade da Beira Interior, Covilhã, 18 /07 /2024



(assinatura conforme Cartão de Cidadão ou preferencialmente  
assinatura digital no documento original se naquele mesmo formato)



# Resumo

No Brasil, a infraestrutura rodoviária desempenha um papel crucial no desenvolvimento econômico, facilitando a mobilidade e reduzindo custos logísticos. Este estudo aborda as limitações dos métodos tradicionais de avaliação econômica de projetos de infraestrutura rodoviária, destacando a necessidade de uma abordagem mais abrangente que considere os benefícios econômicos de longo prazo, sociais e ambientais. Análises tradicionais, como a Análise Custo-Benefício (ACB), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Valor Presente Líquido (VPL), são discutidas em relação às suas limitações em capturar todos os impactos dos investimentos. O estudo propõe a integração de abordagens mais holísticas para fornecer uma avaliação completa e precisa dos impactos econômicos dos projetos de infraestrutura.

Além disso, este estudo investiga o impacto dos investimentos em infraestrutura rodoviária no crescimento econômico dos estados brasileiros, utilizando dados de 2001 a 2023. As análises foram conduzidas com modelos de regressão de efeitos fixos, revelando que o estoque de infraestrutura rodoviária tem um impacto significativo e positivo no PIB per capita dos estados, enquanto o crescimento do estoque de rodovias mostrou um impacto negativo, sugerindo um desfasamento temporal para a materialização dos benefícios econômicos. Além disso, os investimentos federais em rodovias apresentaram uma correlação positiva com o crescimento econômico. Os resultados destacam a importância de investimentos contínuos e estratégicos em infraestrutura rodoviária para promover o desenvolvimento econômico e reduzir desigualdades regionais.

## Palavras-chave

Infraestrutura rodoviária; Investimentos públicos; Desenvolvimento regional; Modelos de regressão; Dados em painel; PIB per capita; Avaliação econômica de projetos; Brasil; Crescimento econômico; Avaliação econômica; Análise Custo-Benefício; Taxa Interna de Retorno; Valor Presente Líquido.



# Abstract

In Brazil, road infrastructure plays a crucial role in economic development, facilitating mobility and reducing logistical costs. This study addresses the limitations of traditional economic evaluation methods for road infrastructure projects, highlighting the need for a more comprehensive approach that considers long-term economic, social, and environmental benefits. Traditional analyses, such as Cost-Benefit Analysis (CBA), Internal Rate of Return (IRR), and Net Present Value (NPV), are discussed in relation to their limitations in capturing all investment impacts. The study proposes the integration of more holistic approaches to provide a more complete and accurate evaluation of the economic impacts of infrastructure projects.

Furthermore, this study investigates the impact of road infrastructure investments on the economic growth of Brazilian states, using data from 2001 to 2023. The analyses were conducted with fixed effects regression models, revealing that the existing road infrastructure stock has a significant and positive impact on the states' per capita GDP, while the growth of the road infrastructure stock showed a negative impact, suggesting a time lag for the economic benefits to materialize. Additionally, federal road investments showed a positive correlation with economic growth. The results highlight the importance of continuous and strategic investments in road infrastructure to promote economic development and reduce regional inequalities.

## Keywords

Road infrastructure;Regional development;Regression models;Panel data;Per capita GDP;Economic project evaluation;Brazil;Economic growth;Economic evaluation;Cost-Benefit Analysis;Internal Rate of Return;Net Present Value;Public Investments.



# Índice

1	Introdução	1
2	Revisão da Literatura	4
2.1	Infraestrutura e Crescimento Econômico	4
2.2	Caracterização da Infraestrutura de Transportes do Brasil	6
2.3	Avaliação Econômica de Projetos de Infraestrutura Rodoviária no Contexto Brasileiro	12
2.3.1	Avaliação Econômica de Projetos no Âmbito do DNIT	14
2.4	Os Métodos Tradicionais de Avaliação Econômica de Projetos	15
2.4.1	Análise Custo-Benefício (ACB)	15
2.4.2	Taxa Interna de Retorno e Valor Presente Líquido	16
2.4.3	Método de Custo Efetividade	17
2.4.4	Limitações dos Métodos Tradicionais	17
2.4.5	Estudos de Caso e Críticas Acadêmicas	19
2.4.6	Reflexões sobre os Métodos Tradicionais de Avaliação Econômica de Projetos	20
3	Metodologia	22
3.1	Dados	22
3.2	Método	22
3.3	Variáveis	23
4	Resultados e Discussão	26
4.1	Análise Univariada	26
4.1.1	Estatísticas descritivas	26
4.1.2	Correlações	27
4.2	Análise Multivariada	30
4.3	Análise de Robustez	34
4.3.1	Estados Desenvolvidos versus Estados em Vias de Desenvolvimento	35
4.3.2	Estimações por Períodos	38
5	Conclusão	41



# Lista de Figuras

Figura 1: matriz de transporte de cargas brasileira -----7



# Lista de Tabelas

Tabela 1: % de rodovias avaliadas como ótimas ou boas. -----	8
Tabela 2: descrição das variáveis utilizadas no estudo. -----	23
Tabela 3: estatísticas descritivas. -----	26
Tabela 4: VIF e matriz de correlações. -----	28
Tabela 5: Impacto do investimento em rodovias no PIB dos estados brasileiros.-----	31
Tabela 6: estados divididos em dois grupos em função do PIB.-----	35
Tabela 7: Impacto do investimento em rodovias no PIB nos estados em vias de desenvolvimento e desenvolvidos. -----	36
Tabela 8: Impacto do investimento em rodovias no PIB dos estados brasileiros por período. -----	39



# 1 Introdução

No Brasil, um país de vastas dimensões e profundas desigualdades estaduais, a infraestrutura rodoviária mostra-se vital para o desenvolvimento econômico. Facilitando a mobilidade e reduzindo custos logísticos, as rodovias são essenciais para a integração nacional e a competitividade econômica, Aschauer (1989). Segundo dados da Confederação Nacional de Transportes (CNT, 2023), o transporte rodoviário é responsável por mais de 65% do transporte de cargas no Brasil, evidenciando a sua posição dominante na matriz de transporte do país. Este dado sublinha, pois, a necessidade crítica de investimentos contínuos e estratégicos em infraestrutura rodoviária para sustentar a economia nacional e manter a competitividade internacional e a coesão nacional.

Apesar da reconhecida importância da infraestrutura rodoviária para o desenvolvimento econômico existem lacunas significativas na literatura, especialmente em relação aos métodos tradicionais de avaliação econômica do impacto destes projetos, Calderón e Servén (2004) e Grant-Muller et al., (2001). Estes métodos clássicos centram-se predominantemente em medir retornos econômicos imediatos, como reduções no tempo de viagem e economia de custos operacionais, conforme defendido por Couto et al (2010). Contudo, estes métodos não incorporam os benefícios mais amplos, relacionados com o desenvolvimento econômico estadual, que são cruciais para uma avaliação global dos impactos de longo prazo desses projetos. Neste contexto, a questão de investigação a que este estudo pretende responder é: "Como os investimentos em infraestrutura rodoviária influenciam o crescimento econômico dos estados brasileiros?" Para responder a esta questão, a pesquisa adotará como referencial teórico a teoria do crescimento endógeno, Veiga (2005). Segundo esta teoria, a infraestrutura rodoviária constitui um fator fundamental que impulsiona o desenvolvimento econômico pelo aumento da produtividade e, redução dos custos de transação.

Serão recolhidos, para os 26 estados brasileiros mais o Distrito Federal, dados das variáveis: i) Produto Interno Bruto (PIB) per capita dos estados a preços de 2010 como variável dependente, ii) o estoque existente de rodovias pavimentadas no estado ajustado por sua área geográfica (INFRA), iii) o crescimento do estoque de rodovias pavimentadas entre o ano corrente e o ano anterior (VAR.INFRA), iv) o investimento federal em rodovias no ano, ajustado a preços de 2010 e normalizado pela área geográfica de cada estado (INVEST.), v) a taxa do Sistema Especial de Liquidação e Custódia (SELIC) média no ano, vi) a taxa de

inflação, medida pelo Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), acumulada do ano e vii) a taxa de câmbio média do ano (CAMBIO). Os dados referem-se ao período compreendido entre 2001 e 2023. Esta estrutura de dados permite analisar o impacto dos investimentos em infraestrutura rodoviária no PIB dos estados brasileiros. Especificamente, o estudo visa analisar: i) o efeito do estoque de infraestruturas rodoviárias no crescimento econômico, ii) o impacto do investimento em infraestrutura rodoviária no crescimento econômico e, iii) qual a relação entre a variação do estoque de infraestrutura rodoviária e o crescimento econômico.

A recolha de dados em painel permite realizar uma análise por meio de modelos de regressão de efeitos fixos. A metodologia adotada é adequada para capturar a complexidade dos impactos dos investimentos em infraestrutura, permitindo uma análise robusta e detalhada. A análise é complementada com o estudo de subamostras. O primeiro critério de partição da amostra reside no nível de desenvolvimento dos estados, isto é, em estados desenvolvidos versus estados em vias de desenvolvimento em função do respectivo PIB. O segundo critério de partição da amostra reside na subdivisão do período de estudo em dois subperíodos, o período de 2001 a 2012, que se caracterizou por um investimento contínuo em infraestrutura rodoviária e, o período de 2013 a 2023, período que registou uma retração do referido investimento.

Os resultados mostram que o estoque de infraestrutura existente tem um impacto significativo e positivo no PIB per capita, evidenciando que a infraestrutura rodoviária existente está associada ao crescimento econômico. Em contrapartida, a variável que representa o crescimento das rodovias, mostrou um impacto negativo no PIB, sugerindo que os investimentos iniciais em novas rodovias podem ter um desfasamento antes de produzirem benefícios econômicos perceptíveis. A variável que reflete o investimento financeiro do governo federal em rodovias, também apresentou um coeficiente positivo, indicando que maiores investimentos financeiros em rodovias estão correlacionados com um crescimento econômico mais robusto. Ao segmentar a amostra entre estados em vias de desenvolvimento e estados desenvolvidos, verificou-se que o estoque de rodovias existente tem um impacto positivo em ambos, porém mais pronunciado nos estados desenvolvidos, enquanto o crescimento das rodovias pavimentadas apresentou um impacto negativo significativo em ambos os grupos. O investimento financeiro foi positivo e significativo apenas nos estados em vias de desenvolvimento, sugerindo que estes se beneficiam mais de novos investimentos em infraestrutura rodoviária. Por outro lado, a análise temporal revelou que o estoque de rodovias teve um impacto maior no primeiro subperíodo (2001-2012), indicando um efeito marginal mais pronunciado nesse período. Tanto o crescimento de rodovias pavimentadas quanto o investimento financeiro não foram significativos nos

subperíodos, possivelmente refletindo níveis insuficientes de investimento ou um tempo de maturação maior para que os benefícios se manifestem plenamente. Estes achados reforçam a importância dos investimentos em infraestrutura de transporte para a promoção do crescimento econômico e a redução das desigualdades regionais.

A principal contribuição deste estudo reside na resposta às críticas tecidas aos métodos tradicionais de avaliação econômica. Será conduzida uma análise mais abrangente e holística dos impactos dos investimentos em infraestrutura rodoviária, considerando os efeitos dos investimentos em infraestrutura de transportes rodoviários no PIB dos estados brasileiros.

O presente estudo está organizado da seguinte forma. A seção 2 oferece uma revisão da literatura, abordando o papel da infraestrutura rodoviária no crescimento econômico. Desatacam-se aqui os estudos anteriores sobre avaliação econômica de projetos de infraestrutura, além de apresentar uma caracterização da infraestrutura de transportes no Brasil. A seção 3 descreve o método do estudo, incluindo a especificação do modelo econométrico, as variáveis utilizadas e as fontes de dados. A seção 4 apresenta a análise dos resultados, univariada e multivariada, discutindo os principais achados. Serão ainda realizadas análises de robustez aos resultados, examinando a consistência das estimativas em diferentes subgrupos e períodos. Finalmente, a seção 5 conclui o trabalho, resumindo os principais resultados, destacando as limitações do estudo e propondo sugestões para pesquisas futuras.

## 2 Revisão da Literatura

### 2.1 Infraestrutura e Crescimento Econômico

Quando se discute sobre viabilidade econômica de investimentos em infraestrutura de transporte, a avaliação é comumente realizada sob a ótica de custo-benefício, Couto et al, (2010). No entanto, de acordo com Banister e Berechman (2001) e Queiroz (2017), essa abordagem é restrita por valorizar principalmente uma perspectiva microeconômica, o que desconsidera impactos mais amplos, como o desenvolvimento econômico regional. De acordo com Palei (2015), os benefícios mais amplos gerados por esse tipo de investimento, ainda são controversos nos debates entre analistas e legisladores: os primeiros estão em busca de métodos sólidos para identificar e mensurar as vantagens dos investimentos em infraestrutura de transporte, enquanto os legisladores pretendem confirmar ou negar a necessidade desses investimentos, especificamente.

Ao analisar as pesquisas anteriores sobre infraestrutura de transporte no crescimento econômico, foram encontrados resultados variados. Na União Europeia, Crescenzi e Rodríguez-Pose (2008) avaliaram o impacto das autoestradas no PIB per capita e concluíram que, apesar da relação positiva, ela é fraca e dependente das condições regionais. Em contraponto, Lenz, Skender e Mirković (2018) identificaram um impacto positivo significativo das redes rodoviárias no crescimento econômico dos Estados Membros da União Europeia Central e Oriental, mas observaram um impacto negativo no desenvolvimento da infraestrutura ferroviária. Luz et al. (2016) e Cigu et al. (2019) apresentaram resultados conflitantes sobre a relação entre infraestrutura de transporte e PIB. Enquanto Luz et al. (2016) não encontraram relações significativas, já Cigu et al. (2019) identificaram um impacto positivo e significativo do investimento em infraestrutura no PIB per capita, destacando que essas diferenças podem ser atribuídas à composição distinta dos índices de infraestrutura de transporte e aos métodos variados usados nos estudos. Adicionalmente, Maciulyte-Sniukiene e Butkus (2022) examinaram o impacto do desenvolvimento de infraestrutura na União Europeia, constatando que os investimentos podem ter um impacto positivo, mediado por fatores como desenvolvimento econômico e qualidade da infraestrutura existente.

No contexto brasileiro, Queiroz (2017) destacou que os investimentos em infraestrutura rodoviária entre 2008 e 2013 tiveram um efeito positivo no crescimento econômico, com transbordamentos significativos, superando os investimentos em pesquisa e desenvolvimento. Os resultados enfatizaram a importância das conexões rodoviárias e de políticas públicas para a melhoria dos transportes. Bertussi e Ellery (2012) também investigaram o impacto dos gastos públicos em transportes no crescimento econômico dos

estados brasileiros entre 1986 e 2007 e chegaram à conclusão que os investimentos têm um efeito positivo no desempenho econômico de longo prazo, especialmente nas regiões menos desenvolvidas do país. Além disso, Ferreira, Teixeira e Silva (2019) analisaram o impacto da infraestrutura rodoviária no Brasil entre 2011 e 2015, utilizando um modelo econométrico dinâmico. Os resultados mostraram que a qualidade da pavimentação das rodovias tem um impacto positivo significativo no crescimento econômico, destacando a necessidade de políticas públicas específicas para atender às necessidades regionais e de medidas de preservação das rodovias existentes.

Aschauer (1989) foi precursor no debate ao defender que o investimento governamental, ao provocar um aumento na taxa de retorno do capital privado, ao diminuir os custos de transação, estimula a eficiência e, portanto, resulta em crescimento econômico. Em contraponto, Calderón e Servén (2004) mencionam que nem todo investimento deve ser considerado como indutor de crescimento econômico. Quando um local, por exemplo, se expande em detrimento dos demais, sem ter contribuído com algo adicional para a atividade econômica global, pode não ocorrer desenvolvimento efetivo na região, que, ao longo do tempo, observará a produção estagnar e até diminuir. Portanto, os investimentos devem ter metas que priorizem questões econômicas, políticas e sociais regionais e, simultaneamente, levem a ganhos de eficiência e crescimento econômico. De acordo com o autor, alguns aspectos podem ser afetados por esse tipo de política de infraestrutura, justificando sua aplicação. Entre estes se destacam:

- i. aumento da eficiência produtiva: elevação da fabricação de bens e serviços por hora trabalhada;
- ii. crescimento do Produto Interno Bruto: ampliação da produção regional avaliada a preços de mercado;
- iii. crescimento do bem-estar econômico: incremento dos benefícios econômicos para além do aumento da renda.

Além disso, o elemento primordial para o crescimento econômico, segundo Calderón e Servén (2004), é a eficiência, que pode estar condicionada, entre outros fatores, a um sistema de transporte eficaz. Esse, conforme o autor, é um dos principais impulsionadores para o desenvolvimento desse setor, sendo que a ausência de uma estrutura de transporte apropriada é prejudicial não apenas para essa região, mas também para a otimização dos investimentos já concretizados. Calderón e Servén (2004) ressaltam ainda, à semelhança de Aschauer (1989), que esse tipo de infraestrutura pode promover avanços tecnológicos em organizações privadas. Queiroz (2017) presume que a otimização dos transportes resulta

em diminuição de despesas e ampliação da acessibilidade, impactando nos custos adicionais dos prestadores de serviços de transporte, a mobilidade das famílias e a demanda por produtos e serviços. Neste ínterim, os impactos imediatos podem ser observados no emprego, na produção e na renda. De forma progressiva, esses efeitos se expandem para âmbitos setoriais, espaciais e regionais, resultando em um aumento da eficiência global. Isso ocorre porque a maior interconexão promove o comércio ao reduzir os custos de transporte, o que, por sua vez, aumenta a concorrência entre diferentes localidades. Consequentemente, cada região tende a se especializar na produção dos bens e serviços nos quais é mais eficiente.

Por fim, Banister e Berechman (2001) afirmam que a intervenção, direta ou indireta, das políticas, o tipo de aporte e as circunstâncias financeiras são os três conjuntos de requisitos essenciais para que o investimento em infraestrutura de transporte resulte em desenvolvimento econômico. Entre todos os elementos, a prioridade determinante são as decisões políticas, pois estas determinam os investimentos a realizar. Dessa forma, o desenvolvimento de estratégias governamentais, conforme mencionado por Santos (2012), deve levar em conta o contexto financeiro do local onde serão implementadas para optar pela melhor estratégia de investir.

## 2.2 Caracterização da Infraestrutura de Transportes do Brasil

No Brasil, um país com dimensões continentais, a matriz de transportes é dominada pelo sistema rodoviário, o que o coloca em posição de destaque, bem como o torna vital para o desenvolvimento econômico do país, CNT (2023). Este sistema desempenha um papel crucial no transporte de cargas e passageiros, integrando regiões e facilitando tanto o comércio interno quanto o internacional.

As rodovias constituem o principal meio de transporte no Brasil, sendo responsáveis por 65% do transporte de cargas e uma parcela significativa do transporte de passageiros, tal como pode ser observado na Figura 1. Com mais de 1,7 milhão de quilômetros de estradas, o país ostenta uma das maiores redes rodoviárias do mundo, conforme dados do CNT (2023). A dependência excessiva do transporte rodoviário sublinha a necessidade de investimentos contínuos e estratégicos para aprimorar a eficiência econômica e a competitividade nacional.

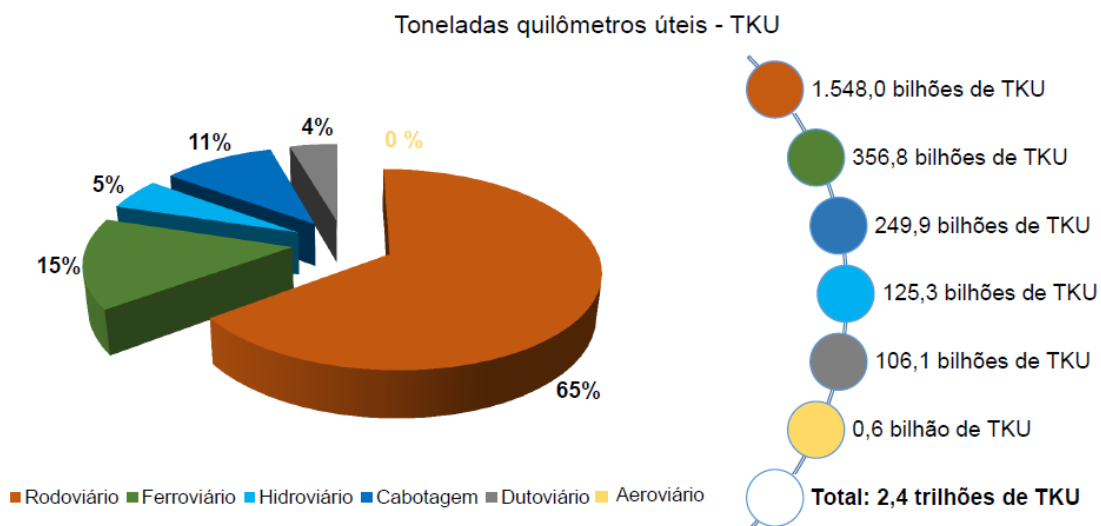


Figura 1: matriz de transporte de cargas brasileira – Fonte EPL (2016:9).

A qualidade das rodovias brasileiras tem sido um ponto de preocupação constante, embora tenha mostrado melhorias graduais de 2005 a 2022, CNT (2023). Apesar dos investimentos que melhoram a cobertura e a qualidade das estradas pavimentadas, o progresso foi desigual. Conforme relatório da Confederação Nacional do Transporte (CNT), a porcentagem de estradas classificadas como boas ou ótimas aumentou de aproximadamente 28% em 2005 para cerca de 34% em 2022, CNT (2023). No entanto, existem disparidades regionais significativas; em 2022, apenas 21% das rodovias na região Norte foram classificadas como ótimas ou boas, em comparação aos 44% na região Sudeste, CNT (2023). Quando se parte para uma análise dos estados, o estado do Acre tinha apenas 2% de suas rodovias classificadas como ótimas ou boas, enquanto São Paulo apresentava 77%. Esta diferença deixa clara a grande desigualdade existente entre os estados brasileiros.

Tabela 1: % de rodovias avaliadas como ótimas ou boas.

Região e Unidade da Federação	2005	2022
	% Ótimo ou Bom	% Ótimo ou Bom
<b>Brasil</b>	<b>28%</b>	<b>34%</b>
<b>Norte</b>	<b>14%</b>	<b>21%</b>
Rondônia	25%	25%
Acre	4%	2%
Amazonas	7%	11%
Roraima	2%	45%
Pará	15%	12%
Amapá	19%	25%
Tocantins	16%	30%
<b>Nordeste</b>	<b>14%</b>	<b>29%</b>
Maranhão	12%	12%
Piauí	10%	34%
Ceará	11%	17%
Rio Grande do Norte	9%	35%
Paraíba	14%	51%
Pernambuco	18%	34%
Alagoas	14%	69%
Sergipe	26%	35%
Bahia	15%	28%
<b>Sudeste</b>	<b>38%</b>	<b>44%</b>
Minas Gerais	16%	23%
Espírito Santo	28%	33%
Rio de Janeiro	39%	42%
São Paulo	75%	77%
<b>Sul</b>	<b>48%</b>	<b>35%</b>
Paraná	59%	37%
Santa Catarina	34%	32%
Rio Grande do Sul	46%	34%
<b>Centro-Oeste</b>	<b>23%</b>	<b>35%</b>
Mato Grosso do Sul	28%	41%
Mato Grosso	12%	21%
Goiás	26%	41%
Distrito Federal	47%	52%

Elaborado a partir de dados do site da CNT.

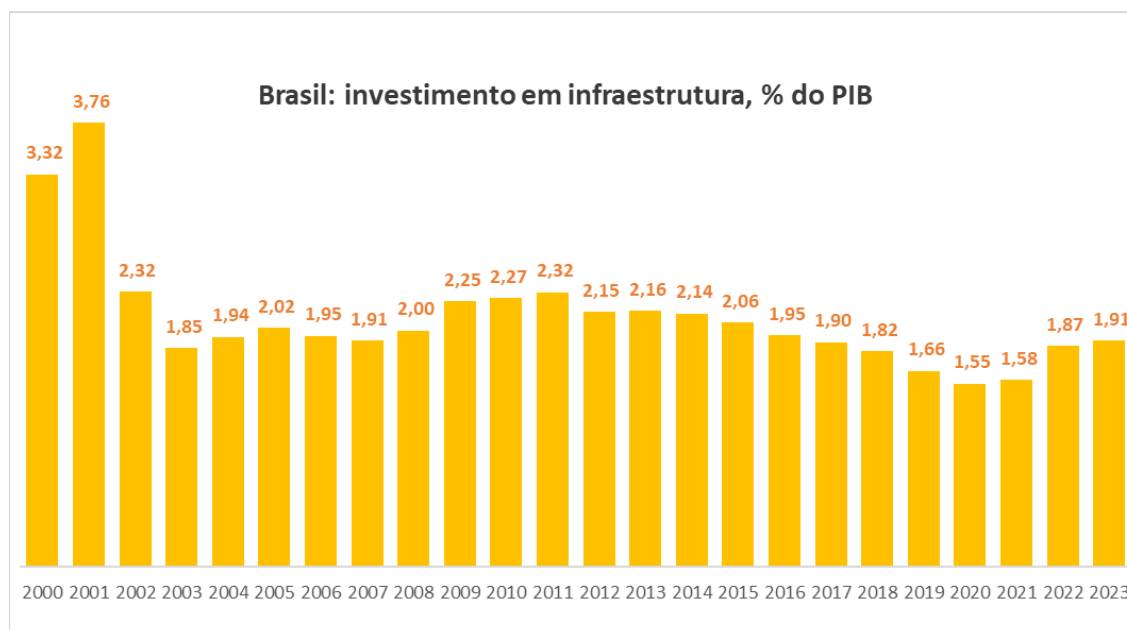
Apesar dos avanços, muitas rodovias ainda requerem manutenção intensiva devido ao alto volume de tráfego e às adversidades climáticas, que desafiam a durabilidade das vias. A qualidade das rodovias é fundamental para garantir a segurança, a eficiência do transporte e a redução dos custos logísticos, impactando diretamente a competitividade do país, conforme defendido por Santos e Santos (2018). Este foco na qualidade das rodovias e na

sua evolução justifica a escolha de concentrar os estudos nos investimentos em infraestrutura rodoviária como um fator crítico para explicar o crescimento econômico do Brasil. Manter e investir continuamente em uma infraestrutura rodoviária de alta qualidade são essenciais não apenas para sustentar o crescimento econômico, mas também para melhorar a integração nacional e aumentar a eficiência logística. A expansão, modernização e manutenção eficaz das rodovias devem ser consideradas estratégias centrais nas políticas econômicas e de transporte do Brasil (IPEA, 2010).

Ao longo da década de 1980, a proporção do PIB brasileiro destinada a investimentos em infraestrutura estabilizou-se em torno de 5%. No entanto, de acordo com Calderón e Servén (2004), ao comparar o Brasil com outros cinco países latino-americanos — Argentina, Chile, Colômbia, México e Peru —, o Brasil liderou em termos de investimento em infraestrutura de 1980 a 1988. A partir de 1989, a taxa de investimento do Brasil caiu para menos de 3%, sendo superada por Chile e Colômbia. Nos anos 90, esses dois países continuaram a expandir sua vantagem em relação ao Brasil e ao resto do grupo, atingindo taxas de investimento em infraestrutura de aproximadamente 6% em 2001, significativamente superiores ao Brasil, e substancialmente maiores que as taxas registradas na Argentina, no México e no Peru, segundo Calderón e Servén (2004).

De acordo com o RELATÓRIO INFRA 2038, uma investigação pormenorizada dos investimentos em infraestrutura do Brasil, quando comparados com outras economias emergentes, revela disparidades significativas. No período de 2000 a 2013, o investimento anual médio do Brasil em infraestrutura representou cerca de 2% do PIB, posicionando-se aquém de seus pares no grupo formado por Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul (BRICS), onde a China registrou investimentos de 9%, a Índia 5%, a Rússia 4% e a África do Sul 4%. Entre 2011 e 2016, o investimento médio do Brasil em infraestrutura rodoviária aumentou ligeiramente para 2,2% do PIB. Contudo, em 2017, no contexto de uma recuperação econômica após uma profunda recessão, o investimento em infraestrutura reduziu-se para 1,4% do PIB, mantendo-se aproximadamente estável em 1,5% em 2018. Durante a pandemia de COVID-19, o investimento ficou em 1,55% do PIB. Esses dados podem ser visualizados no Gráfico 1 subsequente, que ilustra os investimentos em infraestrutura como percentual do PIB. Destaca-se a tendência histórica de investimentos abaixo do necessário para compensar a depreciação/desgaste das rodovias.

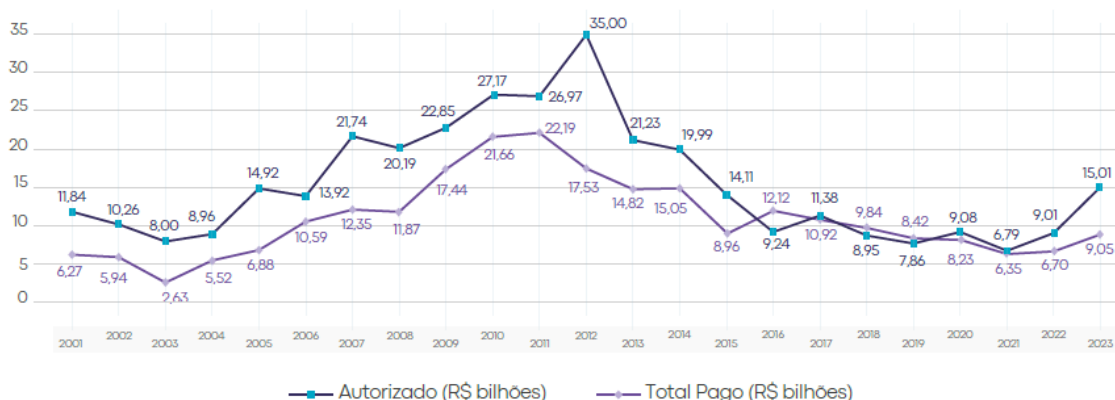
Gráfico 1: % do PIB investido em infraestrutura.



Fonte: Infra (2038:29)

Um dos principais determinantes de qualidade da infraestrutura rodoviária é o montante de investimentos realizados. Considerando os recursos provenientes do governo federal, observou-se uma significativa redução nos investimentos públicos federais em rodovias ao longo da última década (Infra 2038). No Gráfico 2, uma análise temporal mostra que, entre 2001 e 2011, registrou-se um aumento substancial de 43,7% nos recursos efetivamente desembolsados para investimentos em rodovias, impulsionado em grande medida pelas iniciativas do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). No entanto, no período subsequente, de 2012 a 2022, houve uma notável retração de 61,8% nos fundos alocados à infraestrutura rodoviária federal. Em 2023, detectou-se uma recuperação parcial da capacidade de investimento por parte do governo federal, com a Lei Orçamentária Anual (LOA) de 2023, autorizando a aplicação de aproximadamente R\$ 15,01 bilhões em investimentos no setor de transporte rodoviário, um acréscimo de R\$ 11,47 bilhões em comparação ao previsto no Projeto de Lei Orçamentária Anual (PLOA) do ano anterior. Contudo, esses recursos ainda são insuficientes para cobrir a depreciação ocorrida nos anos anteriores.

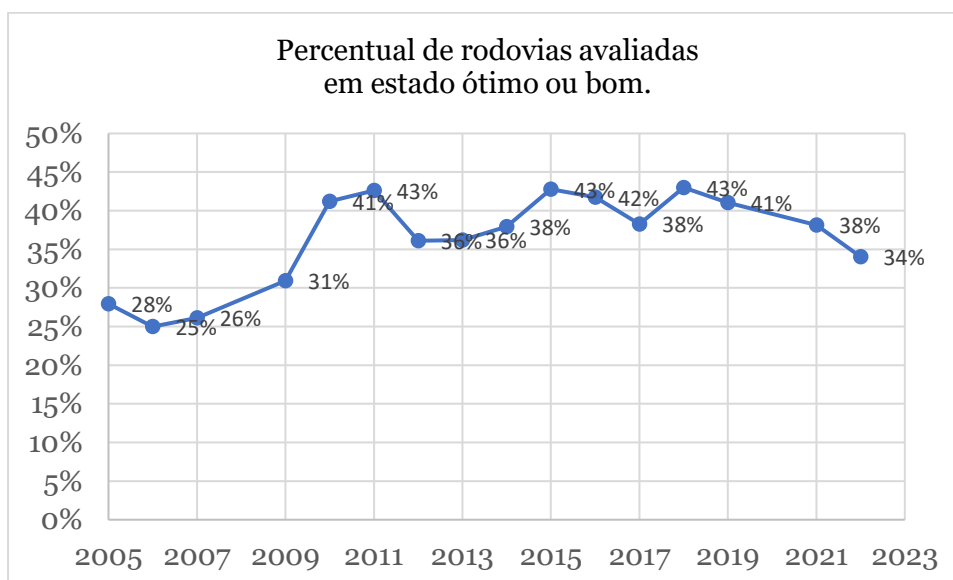
Gráfico 2: Investimento público federal em rodovias no Brasil, autorizado e total pago – 2001 a 2023 (R\$ bilhões)



Fonte: CNT (2023:178)

Com efeito, analisando o Gráfico 3, este ilustra a qualidade das rodovias no Brasil entre 2005 e 2022. Percebe-se que houve uma tendência de melhoria no período inicial, seguida por uma flutuação nos anos subsequentes. Em 2005, aproximadamente 28% das rodovias foram classificadas como estando em estado ótimo ou bom. Este número cresceu progressivamente até 2011, atingindo um pico de 43%. Após esse período, observa-se uma variabilidade na porcentagem, com um leve declínio em alguns anos, mas mantendo-se geralmente acima dos 35%. Nos últimos anos, de 2019 a 2021, há uma queda na porcentagem de rodovias consideradas ótimas ou boas, passando de 43% para 34%.

Gráfico 3: percentual de rodovias brasileiras avaliadas como ótimas ou boas.



Elaborado a partir de dados do site da CNT

Comparando ambos os Gráficos 2 e 3, pode-se inferir sobre quais as possíveis relações de causalidade entre o nível de investimento em rodovias e a qualidade das mesmas. No

Gráfico 3 constata-se uma melhora significativa na qualidade das rodovias entre 2005 e 2011, com o percentual de rodovias ótimas ou boas aumentando de cerca de 28% para 43%. Já o Gráfico 2 mostra um aumento considerável nos investimentos em rodovias no mesmo período, com um pico de investimentos acontecendo em torno de 2011, o que sugere uma correlação entre o aumento dos investimentos e a melhoria da qualidade das rodovias.

No entanto, após 2011, mesmo com o decréscimo nos investimentos, não se observa uma diminuição proporcional na qualidade das rodovias. O pico de investimento em 2011 não foi sustentado, e houve uma queda acentuada após 2011, seguida por um período de variações até um novo declínio a partir de 2015. Apesar disso, a qualidade das rodovias manteve-se acima dos 35% para o período seguinte até 2019, antes de cair para 34% em 2022. Neste cenário, pode-se conjecturar que há um efeito desfasado dos investimentos na qualidade das rodovias, e/ou que outros fatores econômicos e administrativos podem ter contribuído para as variações observadas. Também é importante considerar que os investimentos em infraestrutura podem ter diferentes dinâmicas dependendo de como e onde são aplicados.

A análise anterior mostra a importância da infraestrutura rodoviária para o transporte de cargas Brasil; identifica ainda que nas últimas duas décadas o Brasil registrou grandes oscilações no montante investido em infraestrutura rodoviária, o que tece implicações na qualidade das rodovias do país. No entanto, não se sabe qual o impacto dessas oscilações na dinâmica de crescimento econômico do país, pergunta esta que este trabalho tem o objetivo de responder.

### 2.3 Avaliação Econômica de Projetos de Infraestrutura Rodoviária no Contexto Brasileiro

A avaliação econômica de projetos de infraestrutura rodoviária desempenha um papel crucial, especialmente na avaliação de grandes projetos. Tradicionalmente as avaliações focam-se no cálculo de retornos imediatos, como reduções de tempo de viagem e economia de custos operacionais, Couto et al. (2010). Embora essas métricas sejam adequadas para análises de impactos diretos, estas falham em capturar benefícios econômicos mais amplos, como os impactos econômicos, sociais e ambientais destes grandes projetos.

Documentos como o "Manual de Avaliação de Projetos de Grande Vulto v.2.0", publicado em 2019 pelo Ministério dos Transportes, discutem a necessidade de que os métodos de avaliação econômica considerem não só efeitos de curto prazo, mas também os efeitos de médio e longo prazo dos investimentos em infraestrutura rodoviária. Estudos como o apresentado por Zhang et al. (2021), reforçam a importância de se considerar o

desenvolvimento econômico regional, como um benefício crítico dos projetos de infraestrutura, destacando a necessidade de uma abordagem que vá além das avaliações tradicionais. Pradipto e Perdana (2017) enfatizam os desafios na estimativa precisa, quer de custos quer de benefícios, evidenciando a complexidade de capturar as realidades regionais. Este cenário desafiador sugere que as abordagens tradicionais, tais como: Análise de Custo Benefício, Análise de Custo Efetividade e indicadores de Valor Presente Líquido e Taxa Interna de Retorno, podem ser insuficientes para uma avaliação completa e, que seja necessário repensar o modo como se avaliam os estudos de viabilidade econômica em investimentos públicos em infraestrutura.

Tanto Couto et al. (2010) quanto Grant-muller et al. (2001), oferecem uma visão comparativa das práticas internacionais, sugerindo que o Brasil pode se beneficiar da adoção de métodos de avaliação econômica mais abrangentes e atualizados. A análise crítica continua com os achados de Odeck e Kjerkreit (2019), que expõem discrepâncias significativas entre as projeções ex-ante e os resultados ex-post das Análises de Custo Benefício (BCA) apontando falhas sistemáticas em captar a realidade econômica e social dos projetos rodoviários. Destaca, pois, a importância de incorporar avaliações ex-post. Ainda a este propósito, Korytárová e Hromádka (2014) ressaltam a complexidade da avaliação econômica de megaprojetos, que frequentemente envolvem impactos substanciais nas comunidades, no ambiente e nos orçamentos governamentais. O autor sublinha a necessidade de considerar uma gama mais ampla de impactos, quer socioeconômicos quer ambientais, enfatizando os efeitos sobre a qualidade de vida e o desenvolvimento regional. Esta lógica sustenta o objetivo deste trabalho, que consiste em avaliar qual o impacto dos investimentos em infraestrutura no crescimento econômico dos Estados brasileiros.

Ainda no que diz respeito à questão de investigação, a infraestrutura de transportes tem um papel significativo no desenvolvimento econômico regional, conforme explorado por Queiroz (2017). A autora argumenta que os investimentos em infraestrutura de transporte não apenas facilitam a mobilidade e a integração regional, mas também catalisam o crescimento econômico ao melhorar a atratividade das regiões, o que, por conseguinte atrai mais investimentos e atividades econômicas. Este ciclo de realimentação positiva é fundamental para entender como as decisões políticas e os investimentos em infraestrutura podem impulsionar o PIB regional e promover o crescimento econômico. Ademais, a autora destaca a complexidade das dinâmicas inter-regionais e a importância de uma abordagem amplificada das políticas de transporte, que podem afetar significativamente o desenvolvimento regional ao longo do tempo. Esta perspectiva é crucial para o planejamento de políticas eficazes que visem a expansão, modernização e manutenção

eficaz das rodovias no Brasil, especialmente em um contexto de desigualdades regionais e necessidades de desenvolvimento diversificadas, Queiroz (2017).

### 2.3.1 Avaliação Econômica de Projetos no Âmbito do DNIT

O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) é uma autarquia federal vinculada ao Ministério da Infraestrutura, sendo responsável pela execução da política de infraestrutura de transportes terrestres no Brasil. Criado pela Lei nº 10.233, de 5 de junho de 2001, o DNIT desempenha um papel crucial no desenvolvimento e manutenção da malha rodoviária nacional, atuando na construção, manutenção, operação e fiscalização das rodovias federais. Suas atribuições legais incluem a gestão do Sistema Federal de Viação, a elaboração de estudos e projetos de engenharia, a execução de obras e serviços de infraestrutura, bem como a implementação de medidas de segurança e melhoria das condições de tráfego. O DNIT também é responsável pela integração da infraestrutura rodoviária com outros modais de transporte, promovendo a eficiência logística e o desenvolvimento econômico do país. A importância do DNIT para a infraestrutura rodoviária brasileira é fundamental, pois garante a qualidade, segurança e expansão das rodovias federais, facilitando o transporte de pessoas e mercadorias em todo o território nacional.

No que tange aos estudos de viabilidade econômica de projetos de infraestrutura, de acordo com a Instrução Normativa Nº 63 do DNIT, os Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental (EVTEA) são fundamentais para garantir que os projetos de infraestrutura não sejam apenas financeiramente viáveis, mas também alinhados com critérios de sustentabilidade e benefícios sociais. Esses estudos adotam uma abordagem abrangente, exigindo uma análise cuidadosa dos impactos ambientais e sociais, além da tradicional análise custo-benefício, focada em aspectos quantitativos, como economia de tempo e redução de custos operacionais. Contudo, apesar da orientação para uma visão mais holística, o manual não oferece métodos ou ferramentas que permitam a mensuração direta do impacto dos investimentos em infraestrutura no desenvolvimento econômico, especificamente no que tange à influência sobre o crescimento do PIB regional na área de influência dos grandes projetos de infraestrutura. Essa lacuna evidencia uma oportunidade significativa de aprimoramento nos EVTEA. A implementação de modelos que efetivamente capturem os benefícios econômicos mais amplos, assegura que as decisões de investimento em infraestrutura rodoviária estejam plenamente alinhadas com os objetivos de crescimento econômico sustentável e de longo prazo.

Neste contexto, este estudo se justifica pela necessidade de transcender as metodologias convencionais de avaliação econômica utilizadas pelo DNIT. Busca-se integrar abordagens

que quantificam os impactos econômicos regionais, mas que consideram também os benefícios e custos sociais e ambientais. Este trabalho visa, pois, oferecer uma visão mais abrangente dos benefícios trazidos pelos projetos de infraestrutura rodoviária, e que poderão ser incorporados aos estudos de viabilidade econômica no futuro. Propõe-se assim uma mudança na(s) metodologia(s), sugerindo uma reformulação das práticas de avaliação tradicionais para se incluir uma análise mais ampla dos fatores econômicos e dos efeitos indiretos. Esta proposta de mudança está alinhada com as conclusões de pesquisas, como a realizada por Couto et al. (2010), e reflete a necessidade de atualizar as práticas de avaliação, de modo que estas forneçam *guidelines* para a formulação de novas políticas públicas.

## 2.4 Os Métodos Tradicionais de Avaliação Econômica de Projetos

Conforme defendido por Aschauer (1989), a infraestrutura rodoviária é crucial para o desenvolvimento econômico e social, facilitando o comércio e a mobilidade eficiente de pessoas e bens. Avaliações econômicas precisas e abrangentes desses projetos são essenciais, pois elas influenciam as decisões sobre políticas de investimento público. Tradicionalmente, essas avaliações focam-se em métricas de impacto imediato e quantificáveis, como economia de tempo de viagem e redução de custos operacionais. No entanto, essas abordagens não capturaram todos os benefícios de longo prazo e os impactos socioambientais, levantando preocupações sobre a adequação desses métodos de avaliação de projetos tradicionais, Couto et al. (2010). Bertussi e Ellery (2012) enfatizam o quanto a infraestrutura de transportes é vital para o crescimento econômico, destacando sua importância na integração regional e nacional. Complementarmente, Sehn (2009) discute a necessidade de avaliações econômicas detalhadas e bem fundamentadas que orientem as decisões de investimentos públicos, sublinhando a importância de uma análise que vá além dos benefícios imediatos. Face a esta divergência de opinião sobre as metodologias mais eficazes na avaliação de todos os efeitos de projetos públicos, em particular de investimento rodoviário, discute-se abaixo os métodos tradicionais de avaliação econômica, evidenciando-se suas limitações.

### 2.4.1 Análise Custo-Benefício (ACB)

A Análise Custo-Benefício (ACB) é atualmente o método adotado pelo DNIT, e um dos mais comuns para avaliar a viabilidade de projetos rodoviários no âmbito brasileiro. Este método compara os custos totais do projeto, incluindo despesas de construção e manutenção, com os benefícios diretos esperados, como a economia de tempo e a redução de despesas operacionais. No entanto, como destaca Muniz (2017), a ACB tende a focar nos benefícios tangíveis e imediatos, muitas vezes negligenciando aspectos de longo prazo, como melhorias sociais, econômicas e ambientais. Estas limitações sugerem a necessidade de uma

abordagem mais abrangente na avaliação, que possa incorporar os impactos de médio e longo prazo dos projetos de infraestrutura rodoviária, assegurando assim uma análise holística dos impactos deste tipo de projetos.

#### 2.4.2 Taxa Interna de Retorno e Valor Presente Líquido

A Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Valor Presente Líquido (VPL) são indicadores financeiros essenciais na avaliação de projetos de infraestrutura rodoviária. Como explicado por Lemos (2017), o VPL é uma ferramenta financeira que calcula o valor atual de uma série de fluxos de caixa futuros, descontados pelo custo de capital. Essencialmente, este método permite que os gestores do projeto avaliem a rentabilidade de um investimento ao comparar o valor presente dos benefícios esperados com o custo inicial do projeto. Por outro lado, a TIR é a taxa de desconto que iguala o valor presente dos fluxos de caixa futuros ao investimento inicial, fornecendo um indicativo da taxa de rentabilidade do capital investido. Uma TIR superior à taxa de desconto usada, isto é, do custo de capital indica que o projeto é viável economicamente.

Ambos os indicadores têm suas vantagens e são particularmente valorizados por fornecerem uma perspectiva clara sobre a viabilidade financeira dos projetos. No entanto, estas métricas também possuem limitações significativas. Por exemplo, o VPL depende fortemente das previsões de fluxos de caixa futuros, que são incertos e difíceis de estimar, especialmente em grandes projetos de infraestruturas, sujeitos a influências externas (por exemplo, atrasos devido à obtenção de licenças ambientais e questões relacionadas a desapropriações) e mudanças econômicas (por exemplo, alterações do ciclo econômico e inflação descontrolada). A TIR, também é um indicador problemático em projetos com fluxos de caixa não convencionais ou múltiplas mudanças de sinais, isto é, com sequências de fluxos de caixa positivos seguidos de fluxos de caixa negativos e vice versa, o que pode resultar em diferentes TIR, o que complica a análise e, conseqüentemente, a tomada de decisão.

A TIR e VPL são ferramentas valiosas na avaliação de projetos de investimento rodoviário. Contudo, estas métricas devem ser usadas em conjunto com outras análises qualitativas e quantitativas, para uma avaliação mais abrangente dos benefícios/custos dos projetos de investimento, em particular na infraestrutura rodoviária. A mensuração e compreensão completa dos benefícios e riscos associados a um projeto requer uma abordagem mais holística, considerando não apenas os retornos financeiros, mas também os impactos sociais, ambientais e econômicos na região de influência do empreendimento.

### 2.4.3 Método de Custo Efetividade

Conforme discutido por Miyabukuro (2014), o método de custo efetividade é especialmente valioso em situações onde os benefícios de um projeto não são facilmente quantificáveis em termos monetários. Este método avalia a relação entre os custos dos projetos e os benefícios alcançados, fornecendo uma métrica alternativa para projetos que não se adequam bem à estrutura tradicional da análise ACB. O uso do custo efetividade é particularmente prevalente em projetos de infraestruturas públicas, como saúde e educação, onde os resultados desejados incluem melhorias qualitativas ou sociais que transcendem os simples retornos financeiros imediatos. Ao nível de projetos de infraestrutura rodoviária, este método pode ajudar a avaliar o impacto de novas construções ou melhorias na redução de acidentes, tempo de viagem e poluição, aspectos que contribuem para o bem-estar público, mas que são difíceis de expressar financeiramente. O método de custo efetividade permite pois que os planejadores e decisores políticos identifiquem as opções que oferecem o maior retorno em termos de impacto social por unidade de gasto, facilitando assim decisões mais informadas e alinhadas com os objetivos de desenvolvimento sustentável. De referir ainda que este método é crucial quando se considera a alocação eficiente de recursos limitados. Ao comparar a eficácia de diferentes abordagens ou intervenções, os gestores podem priorizar aquelas que oferecem os maiores benefícios relativos aos custos, garantindo assim uma utilização mais racional dos fundos públicos. Contudo, a aplicação do método de custo efetividade requer uma compreensão clara dos objetivos do projeto e uma análise cuidadosa dos efeitos desejados, para que seja possível mensurar adequadamente os resultados e garantir que as decisões se baseiem em dados robustos e relevantes.

### 2.4.4 Limitações dos Métodos Tradicionais

#### 2.4.4.1 Falha em Capturar Benefícios e Custos Indiretos

Enquanto os métodos tradicionais, como a análise ACB são valorizados pela sua abordagem objetiva e quantificável, eles frequentemente negligenciam benefícios e custos indiretos que são cruciais para uma avaliação holística. Miyabukuro (2014) ressalta a importância de considerar os benefícios de longo prazo e os custos sociais e ambientais que os métodos tradicionais falham em captar. Esta limitação justifica a questão de investigação desta pesquisa, que tem por objetivo medir o impacto dos investimentos em infraestrutura rodoviária no crescimento econômico dos estados brasileiros, procurando-se observar o impacto econômico destes investimentos ao nível regional. Pretende-se ir, pois, mais além da mensuração dos custos e benefícios financeiros diretos.

Com efeito, esses investimentos estimulam a atividade econômica local, melhoram a qualidade de vida e reduzem as disparidades regionais, Queiroz (2017). Assim, a pesquisa

justifica-se pela necessidade de desenvolver e/ou adaptar métodos de avaliação econômica que incorporem dimensões mais amplas, permitindo uma análise mais completa dos benefícios dos investimentos em infraestrutura rodoviária. Ao focar nessas lacunas, o estudo pretende oferecer *insights* para (re)definição de políticas públicas mais eficazes que considerem tanto os retornos econômicos quantificáveis importantes, mas e também, os impactos econômicos, sociais e ambientais de longo prazo.

#### 2.4.4.2 Subestimação de Riscos e Incertezas

Riscos e incertezas são elementos frequentemente subestimados nas avaliações econômicas tradicionais de grandes projetos de infraestrutura, como o desenvolvimento rodoviário. Queiroz (2017) aborda, por exemplo, como um excesso de otimismo nas projeções iniciais pode mascarar os riscos reais, levando a uma avaliação inadequada que, por sua vez, pode resultar em projetos que falham em atender às expectativas de benefícios econômicos ou que se tornam obsoletos antes do previsto. Essa discussão ressalta a importância de uma análise mais realista e aprofundada, que considere não apenas as potenciais vantagens, mas também os desafios e riscos associados, assegurando que os projetos sejam não apenas viáveis no curto prazo, mas sustentáveis a longo prazo.

#### 2.4.4.3 Desafios na Projeção de Benefícios Futuros e Custos de Oportunidade

A projeção de benefícios futuros de projetos de infraestrutura é uma tarefa complexa e marcada por incertezas, particularmente em um contexto de economias em constante mudança e avanços tecnológicos. Vieira (2011) realça que as projeções que se baseiam unicamente nas condições econômicas atuais podem falhar em antecipar mudanças futuras, tornando-as insustentáveis a longo prazo. Esta limitação sublinha a necessidade urgente de adotar metodologias de avaliação que incorporem a dinâmica econômica e tecnológica, assegurando que as avaliações de projetos de infraestrutura sejam relevantes e adaptáveis ao longo do tempo.

A consideração do custo de oportunidade dos investimentos também é um aspecto crucial na avaliação econômica, porém frequentemente negligenciado pelos métodos tradicionais. Couto et al. (2010) fornecem uma análise detalhada que demonstra a importância de comparar a alocação de recursos financeiros em projetos de infraestrutura com outras alternativas de investimento. Essa comparação é essencial para garantir que o dinheiro público seja usado de maneira mais eficiente, maximizando os benefícios econômicos e atendendo melhor às necessidades sociais.

As limitações destacadas acima evidenciam a necessidade de métodos de avaliação mais abrangentes, que possam capturar a totalidade dos impactos de projetos de infraestrutura

e não apenas os impactos imediatos e tangíveis. A pesquisa de Lemos (2017) reforça esta perspectiva, defendendo a inclusão de uma gama variada de impactos socioeconômicos e ambientais nas avaliações econômicas de projetos. Esta abordagem mais holística é crucial para promover uma tomada de decisão mais informada e sustentável, garantindo que os projetos atendam às necessidades atuais e contribuam para o desenvolvimento regional a longo prazo.

Este contexto sublinha a relevância da questão de investigação deste estudo que tem como objetivo mensurar o quanto os investimentos em infraestruturas rodoviárias podem influenciar o crescimento econômico dos estados brasileiros. Explorar essa questão ajudará a entender se as práticas atuais de avaliação econômica são suficientes ou se precisam ser expandidas para incorporar os impactos mais amplos e duradouros dos investimentos em infraestruturas. Este entendimento é vital para formular políticas públicas mais eficazes e para orientar investimentos futuros de maneira mais estratégica.

#### 2.4.5 Estudos de Caso e Críticas Acadêmicas

A literatura acadêmica é rica em estudos de caso que ilustram as limitações dos métodos tradicionais de avaliação econômica de projetos de infraestrutura rodoviária. Pode-se citar aqui os trabalhos de Couto et al. (2010), Grant-Muller et al. (2001), Queiroz (2017), Lemos (2017) e Muniz (2017). Estes estudos oferecem um olhar crítico sobre a aplicabilidade e eficácia desses métodos no mundo real, destacando as discrepâncias entre as projeções teóricas e os resultados práticos. Por exemplo, a pesquisa de Queiroz (2017) examina como estimativas otimistas frequentemente falham em prever o desempenho real dos projetos rodoviários, indicando uma falha significativa na previsão de resultados futuros. Este ponto é complementado pela análise de Couto et al. (2010), que oferece uma revisão das melhores práticas internacionais em avaliação econômica. Os autores recomendam a adoção de abordagens mais robustas, capazes de capturar uma gama mais ampla de impactos, sugerindo uma necessidade de reformulação das metodologias de avaliação praticadas no Brasil. Essa visão é também defendida por Muniz (2017) que reforça este argumento, salientando que, embora a análise ACB possa fornecer uma comparação direta entre os custos de construção e os benefícios esperados, frequentemente não reflete adequadamente o valor real e o impacto total dos projetos rodoviários no desenvolvimento econômico, ambiental e social nas áreas de influência desses empreendimentos.

Miyabukuro (2014) amplia a discussão ao descrever como a integração de considerações de custo-efetividade pode enriquecer a avaliação, oferecendo uma visão mais abrangente do valor dos projetos, especialmente útil ao planejar políticas de longo prazo. Essas críticas acadêmicas são fundamentais, pois desafiam a dependência dos métodos tradicionais e

destacam a necessidade de desenvolver e implementar técnicas de avaliação que incorporem todos os benefícios e custos, diretos e indiretos, associados a grandes projetos de infraestrutura.

#### 2.4.6 Reflexões sobre os Métodos Tradicionais de Avaliação Econômica de Projetos

Os estudos de caso e as análises acadêmicas abordados nesta seção iluminam as falhas significativas dos métodos tradicionais de avaliação econômica em projetos de infraestrutura rodoviária. Embora tais métodos possam ser adequados para avaliações de custo-benefício, frequentemente não capturam a complexidade e o aspecto completo dos impactos de longo prazo desses projetos no desenvolvimento econômico, social e ambiental.

Estas limitações sublinham a necessidade de adotar novas abordagens de avaliação, que sejam mais amplas e captem as realidades, cada vez complexas, que os investimentos em projetos de infraestrutura rodoviária visam colmatar. Neste contexto, é crucial que futuras avaliações econômicas no âmbito brasileiro se atentem aos aspectos seguintes:

**Incorporem uma avaliação mais abrangente dos impactos:** ampliem o escopo das análises para além dos custos de construção e manutenção, englobando os impactos sociais, econômicos e ambientais ao longo de toda a vida útil dos projetos.

**Levem em conta os riscos e incertezas:** utilizem modelos que reflitam de maneira adequada as incertezas e os riscos associados aos grandes projetos de infraestrutura, assegurando que as projeções sejam tanto realistas quanto responsáveis.

**Avaliem o custo de oportunidade dos investimentos:** considerem as alternativas sacrificadas ou as perdas incorridas ao escolher um projeto em detrimento de outro, para garantir a alocação mais eficiente dos recursos.

**Estejam alinhadas com as práticas internacionais:** adotem conhecimentos e recomendações de estudos internacionais para aprimorar as metodologias de avaliação nacionais, conforme evidenciado por Couto et al. (2010).

Esta análise crítica não apenas contribui para a melhoria contínua das práticas de avaliação econômica, mas também promove o desenvolvimento de políticas públicas mais efetivas e alinhadas com os objetivos de desenvolvimento sustentável. Esta seção, ao sistematizar as limitações das metodologias tradicionais, permitirá aos pesquisadores e formuladores de políticas a questionarem-se e a reformularem as práticas estabelecidas, buscando métodos que não só suportem decisões econômicas sólidas, mas que também fomentem um desenvolvimento equitativo e sustentável.

A necessidade de inovação nas práticas de avaliação econômica sustenta a questão de investigação da presente investigação: isto é, “Qual o impacto dos os investimentos em infraestrutura rodoviária no crescimento econômico dos estados brasileiros? A resposta a esta questão permitirá identificar a insuficiência das abordagens atuais, enfatizando a importância de métodos mais holísticos, que compreendam os efeitos econômicos mais amplos e duradouros dos investimentos em infraestrutura rodoviária.

## 3 Metodologia

### 3.1 Dados

Para responder à questão de investigação, em análise na presente investigação, serão recolhidos dados sobre capital fixo em infraestrutura rodoviária e investimentos federais em infraestrutura de transportes rodoviária a nível de agregação estadual, bem como dados macroeconômicos a nível de agregação nacional no período compreendido entre 2001 e 2023. São utilizadas diferentes fontes de informação para a recolha de dados, descritas no item 3.3, onde as variáveis são definidas. A opção por trabalhar com dados painel, que na presente investigação corresponde a recolher dados sobre todos os estados brasileiros ao longo de 23 anos, reside neste tipo de dados possibilitar uma inferência mais precisa, visto que utilizam um número muito maior de observações em comparação aos dados puramente seccionais ou temporais, o que permite obter estimativas mais precisas. Acrescer ainda que, ao dispor para uma mesma unidade seccional de informação ao longo do tempo, permite controlar as características não observadas dessas mesmas unidades, Guimarães (2009).

### 3.2 Método

Quando se trabalha com dados em painel, os modelos lineares são os mais comuns e modelam a heterogeneidade não observada permitindo ainda um intercepto diferente para cada unidade observada - estado. A fórmula geral da regressão pode ser expressa da seguinte forma:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \dots + \beta_k X_{kit} + \alpha_i + \epsilon_{it} \quad [1]$$

Onde:

- $\beta$  é o vetor de coeficientes associados às variáveis explicativas,
- $\alpha_i$  é o parâmetro que captura a heterogeneidade não observada,
- $\epsilon_{it}$  é o termo do erro.

O termo  $\alpha_i$  captura as características da unidade que se mantêm constantes ao longo do tempo, sejam elas observadas ou não. Por exemplo, no caso de as unidades serem indivíduos, características como sexo ou naturalidade serão capturadas por  $\alpha_i$ . A forma como o  $\alpha_i$  está correlacionado ou não com o erro determinará o tipo de estimadores a utilizar. Ao assumir que  $\alpha_i$  não está correlacionado com  $X_{it}$ , então os  $\alpha_i$  poderão ser tratados como um termo de perturbação adicional; neste caso o modelo poderá ser estimado pelos "efeitos aleatórios". Já quando é assumido que os  $\alpha_i$  estão correlacionados com o erro, o modelo a estimar é o modelo dos efeitos fixos.

De referência, e citando Guimarães (2009), uma das justificativas pela preferência dos economistas pelos estimadores de efeitos fixos é que esses estimadores permanecem consistentes, independentemente da presença ou ausência de correlação entre  $\alpha_i$  e  $X_{it}$ . Ademais, o teste de Hausman, conforme defendido por Guimarães (2009) pode ajudar o investigador na tomada de decisão entre qual o método de estimação mais apropriado para os dados em estudo.

No presente estudo foi utilizado o método dos efeitos fixos. A escolha justifica-se devido à sua capacidade de lidar com a heterogeneidade não observada, isto é, diferenças entre os estados, garantindo assim estimativas consistentes. Ainda assim correu-se o teste de Hausman para validar a utilização de efeitos fixos. Para garantir a robustez das estimativas, os modelos foram estimados com a opção “*robust*”, de modo a corrigir os erros padrão dos efeitos da heterocedasticidade e autocorrelação. Para a seleção das variáveis a incluir no modelo, calculou-se a métrica Variance Inflation Factor (VIF). Os valores obtidos são inferiores a 10, o que garante a inexistência de problemas de multicolinearidade. Adicionalmente, calculou-se a matriz de correlações para uma melhor compreensão das interdependências entre as variáveis presentes no modelo.

### 3.3 Variáveis

O objetivo da presente dissertação é investigar a relação entre os investimentos públicos em infraestrutura rodoviária e o PIB dos 26 estados brasileiros mais o Distrito Federal no período entre 2001 e 2023. A Tabela 2, ilustra as variáveis selecionadas para o presente estudo.

*Tabela 2: descrição das variáveis utilizadas no estudo.*

<b>VARIÁVEIS</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>FONTE</b>
<b>PIB</b>	Produto interno bruto per capita estadual, em milhares de reais, a preços de 2010.	IPEA
<b>INFRA</b>	Dotação de infraestrutura de transporte estadual ponderada pela área geográfica do estado (quilômetros de rodovias pavimentadas / quilômetros quadrados de área).	DNIT
<b>VAR.INFRA</b>	Variação percentual da infraestrutura de transportes (diferença entre dotação final e inicial de rodovias pavimentadas).	DNIT
<b>INVEST.</b>	Investimento financeiro em infraestrutura rodoviária, representado pelo logaritmo natural dos investimentos federais em rodovias no ano corrente, ajustado a preços de 2010 e ponderado pela área geográfica do estado.	SIGA BRASIL
<b>SELIC</b>	Taxa de juros média da economia brasileira no ano.	IPEA
<b>IPCA</b>	Taxa de inflação acumulada no ano, mensurada pelo IPCA (Índice de Preços ao Consumidor Amplo).	IBGE
<b>CAMBIO</b>	Taxa de câmbio média no ano (real/dólar).	IPEA

O modelo a estimar vem:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 INFRA_{it} + \beta_2 VAR.INFRA_{it} + \beta_3 INVEST_{.it} + \beta_4 SELIC_{it} + \beta_5 IPCA_{it} + \beta_6 CAMBIO_{it} + \epsilon_{it} \quad [2]$$

Onde a variável dependente  $Y_{it}$  é o PIB per capita a preços de 2010 do estado  $i$  no ano  $t$ . As variáveis independentes são especificadas a seguir.

A variável *INFRA* representa o estoque de infraestrutura rodoviária, medido pelos quilômetros de rodovias pavimentadas e normalizado pela área geográfica de cada estado federal. Esta variável mede o estoque da infraestrutura rodoviária em relação à dimensão do estado. Esta normalização permite comparações entre estados com diferentes áreas geográficas. Os dados para *INFRA* foram extraídos do site do DNIT.

A variável *VAR.INFRA* representa o crescimento do estoque de infraestrutura rodoviária pavimentada anualmente. Essa variável mede o investimento em novas infraestruturas rodoviária pavimentadas. Constitui, pois, um indicador que permite avaliar o desenvolvimento contínuo da rede rodoviária. A *VAR.INFRA* foi calculada com base nos dados anuais recolhidos a partir do site do DNIT.

A variável *INVEST.* representa o logaritmo natural dos investimentos federais em rodovias no ano corrente, ajustado a preços de 2010 e dividido pela área geográfica de cada estado, de modo a estabilizar a sua variância. Esta variável permite avaliar como os recursos alocados pelo governo a infraestrutura rodoviária influencia o desenvolvimento econômico dos estados brasileiros.

Os dados para a variável *INVEST.* foram obtidos a partir da plataforma SIGA Brasil. Esta base de dados compila os dados referentes à execução orçamentária federal brasileira, fornecendo informações detalhadas sobre os gastos públicos a nível federal em infraestrutura rodoviária. Ao ajustar esses dados a preços de 2010 e dividi-los pela área geográfica de cada estado, a análise se torna mais precisa, considerando as diferenças de dimensão entre os estados.

Assim, a variável *INVEST.* oferece uma perspectiva detalhada sobre a dinâmica dos investimentos federais em rodovias, ajudando a entender como esses investimentos contribuem para o desenvolvimento econômico dos estados brasileiros.

Para controlar fatores macroeconômicos, utilizamos as variáveis *SELIC*, *IPCA* e *CAMBIO* as quais representam, respectivamente, a taxa básica de juros da economia brasileira, a inflação ao consumidor acumulada no ano e a taxa média de câmbio no ano. Esses dados

foram obtidos junto ao Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada (IPEA) e ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Com a metodologia delineada, recolhidos os dados e definidas as variáveis, procede-se na próxima seção para a análise e discussão dos resultados. Será analisado como os investimentos em infraestrutura rodoviária têm impactado o desenvolvimento econômico dos estados brasileiros. A discussão focará na relevância das variáveis identificadas pela literatura, oferecendo uma visão crítica sobre os efeitos observados e proporcionando *insights* para políticas públicas futuras.

## 4 Resultados e Discussão

### 4.1 Análise Univariada

Nesta subseção serão avaliadas as estatísticas descritivas, incluindo medidas como média, desvio padrão, mínimo e máximo, com o objetivo de compreender a distribuição e a variação de cada variável no estudo. Além disso, será elaborada uma matriz de correlações para examinar as relações lineares entre as variáveis, identificando possíveis associações que possam influenciar as análises subsequentes.

#### 4.1.1 Estatísticas descritivas

As estatísticas descritivas das variáveis utilizadas no estudo permitem uma compreensão inicial da distribuição das variáveis analisadas entre 2001 e 2023. A tabela 3 reporta as estatísticas descritivas das variáveis em estudo.

*Tabela 3: estatísticas descritivas.*

<b>VARIÁVEL</b>	<b>Nº DE OBSERVAÇÕES</b>	<b>MÉDIA</b>	<b>DESVIO PADRÃO</b>	<b>MÍNIMO</b>	<b>MÁXIMO</b>
<b>PIB</b>	540	15.90668	9.039138	4.66879	55.40738
<b>INFRA</b>	594	0.0417255	0.0399918	0.0009182	0.1696624
<b>VAR.INFRA</b>	567	-0.0021158	0.1681654	-0.798022	2.222856
<b>INVEST.</b>	615	6.415874	1.386998	-1.952559	9.738279
<b>SELIC</b>	621	11.98545	4.868278	2.753816	23.33433
<b>IPCA</b>	621	6.266095	2.389054	2.947421	12.53027
<b>CAMBIO</b>	621	3.03807	1.164662	1.674187	5.394401

Nota: ver Tabela 2 para a definição das variáveis.

Primeiramente, para a variável dependente PIB, a média foi de 15.90668 com um desvio-padrão de 9.039138. Os valores variaram de 4.66879 a 55.40738, indicando uma considerável variação do PIB per capita entre os estados ao longo do período estudado. Com referência à variável INFRA, que representa o estoque de rodovias pavimentadas ajustado pela área do estado, apresentou uma média de 0.0417255 e um desvio-padrão de 0.0399918, com valores variando de 0.0009182 a 0.1696624. Estes dados sugerem que, embora a maioria dos estados tenha um baixo estoque de rodovias pavimentadas em relação à sua área, há uma variação significativa entre eles. A variável VAR.INFRA, que mede o crescimento anual do estoque de rodovias pavimentadas, registrou um valor médio negativo de -0.0021158 e um desvio-padrão de 0.1681654. Os valores variaram de -0.7980228 a 2.222856, indicando que ao longo do tempo, alguns estados experimentaram um

crescimento negativo, enquanto outros viram um aumento significativo no estoque de rodovias pavimentadas ao longo do período. No que diz respeito à variável INVEST., o seu valor médio é de 6.415874 com um desvio-padrão de 1.386998. Os valores variaram de -1.952559 a 9.738279, mostrando uma variação acentuada nos investimentos em rodovias entre os estados, ajustados pela área do estado. A variável macroeconômica SELIC registra uma média de 11.98545 e um desvio-padrão de 4.868278, com valores que variaram de 2.753816 a 23.33433. Esta variável reflete a taxa média de juros anual, um importante indicador da política monetária do país. A grande variação desta taxa demonstra a instabilidade econômica do país ao longo do período. Por outro lado, a variável IPCA, que mede a inflação acumulada do ano, apresentou uma média de 6.266095 e um desvio-padrão de 2.389054. Os valores variaram de 2.947421 a 12.53027, indicando flutuações significativas na inflação anual durante o período estudado. Estes dados justificam a variação acentuada na taxa de juro, que constitui um dos instrumentos de controle de inflação adotados pelo Banco Central do Brasil.

Finalmente, a variável CAMBIO registrou uma média de 3.03807 e um desvio-padrão de 1.164662, com valores variando de 1.674187 a 5.394401. Isso sugere que houve variações consideráveis na taxa de câmbio ao longo dos anos, refletindo mudanças no valor do real face ao dólar, o que impacta nas importações e exportações do país.

Assim, essas análises descritivas fornecem uma base sólida para entender as dinâmicas econômicas e os impactos dos investimentos em infraestrutura de transporte no crescimento econômico dos estados brasileiros.

#### 4.1.2 Correlações

Neste ponto, a Tabela 4 reporta as estatísticas do indicador Variance Inflation Factor (VIF) e as correlações das variáveis independentes utilizadas no modelo de regressão, que tem como variável dependente o PIB per capita dos estados ajustado aos preços de 2010. O indicador VIF é uma métrica que avalia a colinearidade entre as variáveis independentes do modelo, indicando quanto a variância de um coeficiente de regressão é inflacionada devido à colinearidade com outras variáveis.

Tabela 4: VIF e matriz de correlações

VARIÁVEL	VIF	MATRIZ DE CORRELAÇÕES						
		PIB	INFRA	VAR. INFRA	INVEST.	SELIC	IPCA	CAMBIO
PIB	-	1.00						
INFRA	1.51	0.5279 ***	1.00					
VAR.INFR A	1.20	- 0.0553	0.0421	1.00				
INVEST.	1.78	0.2426 ***	0.5388 ***	-0.0829 **	1.00			
SELIC	1.82	- 0.1316 ***	0.1508 **	0.1613 ***	-0.0909 **	1.00		
IPCA	1.78	- 0.0585	0.0658	0.2832 ***	-0.1734 ***	0.4128 ***	1.00	
CAMBIO	1.40	- 0.0047	-0.2635 ***	-0.0675	-0.4600 ***	0.3146 ***	0.0787 **	1.00
MÉDIA VIF	1.58							

Notas: ver Tabela 2 para a definição das variáveis. \*\*\*, \*\*, \* indicam correlações estatisticamente significativas a 1%, 5% e 10% respectivamente.

A variável INFRA que representa o estoque de rodovias pavimentadas ajustado pela área geográfica, registra um VIF de 1.51, demonstrando uma colinearidade reduzida. A variável VAR.INFRA que representa o crescimento de rodovias pavimentadas apresentou o menor VIF, de 1.20, indicando que sua variação é bastante independente das outras variáveis no modelo. Com referência à variável INVEST., que representa o investimento financeiro em rodovias, esta reporta um VIF de 1.78, mostrando uma colinearidade moderada. A variável SELIC, que representa a taxa de juros média no ano, registou um VIF de 1.82, indicando uma colinearidade moderada com as outras variáveis do modelo. A variável IPCA, que representa a inflação acumulada no ano, apresentou um VIF de 1.78, também indicando colinearidade moderada. Por outro lado, a taxa de câmbio média do ano (CAMBIO) apresentou um VIF de 1.40, indicando baixa colinearidade com as demais variáveis do modelo. Em síntese, nenhuma das variáveis apresenta um VIF alto (acima de 5), o que indica que não há problemas graves de colinearidade no modelo. A média do VIF é 1.58, sugerindo que a multicolinearidade geral no modelo é baixa. Assim, as variáveis selecionadas são independentes entre si, garantindo uma análise confiável dos efeitos individuais de cada variável sobre o PIB per capita dos estados.

Em seguida procede-se à análise às correlações entre as variáveis de infraestrutura, macroeconômicas e o PIB per capita nos estados brasileiros com base na matriz de correlação, reportada na Tabela 4.

Em um primeiro momento, observa-se uma correlação positiva com uma significância de 1% entre o PIB per capita e o estoque de rodovias pavimentadas ajustado pela área (INFRA), com um coeficiente de correlação de 0.5279 ( $p < 0.0001$ ). Isso sugere que regiões com uma infraestrutura de transporte mais desenvolvida, especificamente rodovias pavimentadas, tendem a ter um PIB per capita mais alto. Esta relação pode ser explicada pelo fato de que uma melhor infraestrutura de transporte facilita o comércio e o acesso a mercados, potencialmente aumentando a atividade econômica e, por consequência, o PIB per capita. Em contrapartida, não se observa uma relação estatisticamente significativa entre o crescimento anual de investimento em rodovias pavimentadas (VAR.INFRA) e o PIB per capita. Este resultado sugere que o mero crescimento da infraestrutura rodoviária num curto período de tempo não necessariamente se traduz em um aumento imediato do PIB per capita, pois os benefícios econômicos de novas infraestruturas de transporte podem levar tempo para se materializar. A análise também revela uma correlação positiva e com significância estatística a 1% entre o PIB per capita e o logaritmo dos investimentos em rodovias ajustados pela área (INVEST.), com um coeficiente de correlação de 0.2426 ( $p < 0.0001$ ). Esse resultado reforça a ideia de que investimentos diretos em infraestrutura são cruciais para o desenvolvimento econômico, pois proporcionam as bases necessárias para melhorias na eficiência e na produtividade econômica. Por outro lado, a média da taxa de juros básica da economia brasileira (SELIC) reporta uma correlação negativa e com significância estatística de 1% com o PIB per capita, coeficiente de correlação de -0.1316 ( $p < 0.0022$ ), sugerindo que taxas de juros mais altas podem ter um efeito recessivo sobre a economia. Altas taxas de juros tendem a restringir o crédito, reduzir o investimento, o que tende a retardar o crescimento econômico e, conseqüentemente, impactar negativamente o PIB per capita. Em relação à inflação acumulada no ano (IPCA) e à taxa de câmbio média do ano (CAMBIO), não se observam correlações com significância estatística entre essas e o PIB per capita. Isso indica que, isoladamente, as variações na inflação e na taxa de câmbio não são preditores fortes do PIB per capita neste contexto. É possível que esses fatores exerçam influências mais indiretas ou que sejam moderados por outras variáveis econômicas não incluídas na análise.

A análise univariada evidencia a complexa interação entre o estoque de infraestrutura, investimento e política econômica no contexto dos estados brasileiros. O desenvolvimento de infraestrutura robusta e o estímulo aos investimentos parecem ser chave para fomentar o crescimento econômico. A gestão da política monetária, especialmente o controle das taxas de juros, também desempenha um papel crucial na otimização dos resultados econômicos. Para captar estes efeitos de uma forma mais dinâmica, procede-se na seção seguinte à análise multivariada dos resultados.

## 4.2 Análise Multivariada

A tabela 5 reporta os resultados do investimento em rodovias no PIB dos estados brasileiros, incluindo o Distrito Federal, vide equação 2 definida na seção do método. No modelo I inclui-se apenas as variáveis de controle, nos Modelos II a IV introduz-se à vez as variáveis independentes, isto é, modelo II inclui a variável INFRA, o Modelo III a variável VAR.INFRA e Modelo IV a variável INVEST. Os modelos V a VII reportam os resultados das combinações de duas a duas variáveis e finalmente o Modelo VIII reporta os resultados com todas as variáveis. Por uma questão de parcimônia, a análise se concentrará no Modelo VIII.

O estoque de infraestrutura rodoviária, representado pela variável INFRA, mostrou-se significativo e positivo ao nível de significância de 1% em todos os modelos. Esses resultados sugerem que um maior estoque de rodovias pavimentadas, ajustado pela área do estado, está associado a um maior PIB per capita. Esse achado diverge dos resultados de Campos e Simões (2013), que identificaram um impacto negativo do estoque de rodovias no PIB em um estudo abrangendo o período de 1997 a 2007. Luz et al. (2016) também não encontram relação significativa entre infraestrutura e PIB para países da União Europeia. No entanto, os resultados encontrados estão alinhados com os resultados de Ferreira, Teixeira e Silva (2019), que salientaram que o aumento rápido dos investimentos em transportes, possibilita um crescimento substancial do PIB. Queiroz (2017) também observa que melhorias na infraestrutura de transporte rodoviário numa região específica pode ter efeitos positivos que se propagam para além dessa área, sublinhando a importância do setor de transporte para o desenvolvimento econômico. Bertussi e Ellery (2012) afirmam ainda que o setor de transportes gera diferentes impactos nas várias regiões do Brasil, contribuindo significativamente para a diminuição das disparidades sociais no país. Os resultados obtidos para a variável INFRA indicam que o estoque de infraestrutura rodoviária está associado a um aumento no PIB per capita. Tradicionalmente, métodos como a ACB focam-se em reduções de custo e tempo; os resultados aqui reportados sugerem que as análises econômicas de novos projetos de infraestrutura rodoviária devem incorporar os ganhos em produtividade e crescimento econômico a longo prazo.

Tabela 5: Impacto do investimento em rodovias no PIB dos estados brasileiros.

Variável	Modelo I	Modelo II	Modelo III	Modelo IV
<b>INFRA</b>		35.55343 *** (7.435838)		
<b>VAR.INFRA</b>			-1.064849 *** (0.2547359)	
<b>INVEST.</b>				0.3652469 ** (0.1803433)
<b>SELIC</b>	-0.3205847 *** (0.0241065)	-0.3215288 *** (0.0236976)	-0.3024196 *** (0.0231458)	-0.2989577 *** (0.0299797)
<b>IPCA</b>	0.1763053 *** (0.0192686)	0.1142637 *** (0.0182428)	0.2043267 *** (0.0190406)	0.1753949 *** (0.0212783)
<b>CAMBIO</b>	-0.5552945 *** (0.1921812)	-0.2019605 (0.1890825)	-0.5994952 *** (0.1903669)	-0.2408596 (0.2719776)
<b>_cons</b>	20.26522 *** (0.5635616)	18.14407 *** (0.6175122)	20.0925 *** (0.5686542)	16.69965 *** (2.026924)
<b>Obs</b>	540	540	513	537
<b>R-sd within</b>	0.4207	0.4779	0.4164	0.4587
Variável	Modelo V	Modelo VI	Modelo VII	Modelo VIII
<b>INFRA</b>	35.53433 *** (7.284616)	32.16274 *** (7.975721)		31.7158 *** (7.719533)
<b>VAR.INFRA</b>	-1.700448 *** (0.378247)		-0.8854846 *** (0.2484739)	-1.477633 *** (0.3222698)
<b>INVEST.</b>		0.3386457 * (0.1787432)	0.3741777** (0.1675419)	0.339486 * (0.168848)
<b>SELIC</b>	-0.3077936 *** (0.023465)	-0.3010622 *** (0.0303272)	-0.2799398 *** (0.0279144)	-0.2865653 *** (0.0291026)
<b>IPCA</b>	0.1571976 *** (0.0185792)	0.1192804 *** (0.0224324)	0.1989267 *** (0.0208055)	0.1575175 *** (0.0216916)
<b>CAMBIO</b>	-0.2585879 (0.1904145)	0.0525087 (0.2602188)	-0.2780961 (0.2625323)	-0.0064992 (0.2556225)
<b>_cons</b>	17.95059 *** (0.6347564)	15.04762 *** (1.979651)	16.45883 *** (1.903817)	14.88824 *** (1.883879)
<b>Obs</b>	513	537	510	510
<b>R-sd within</b>	0.4781	0.5040	0.4562	0.5036

Notas: ver Tabela 2 para a definição das variáveis. \*\*\*, \*\*, \* indicam correlações estatisticamente significativas a 1%, 5% e 10%, respectivamente. Os erros padrões reportados em parêntesis foram corrigidos pela opção robust.

Quanto à variável VAR.INFRA, que mede o crescimento do estoque de rodovias pavimentadas, esta apresentou coeficiente negativo e estatisticamente significativo a 1% nos diferentes modelos (modelos III, V, VII e VIII). Este resultado contrasta com os resultados encontrados por Queiroz (2017) e Campos e Simões (2013). Queiroz (2017) sustenta que os investimentos em infraestrutura de transporte têm um impacto positivo para o crescimento econômico brasileiro, destacando os efeitos *spillovers* de investimento em infraestrutura de transporte. O resultado negativo aqui reportado pode refletir um desfasamento entre os investimentos iniciais associados à construção de novas rodovias, a adaptação necessária antes que os benefícios econômicos sejam percebidos. Esta análise alinha com a discussão de Crescenzi e Rodríguez-Pose (2008), que encontram o mesmo sinal negativo para um conjunto de 25 países da UE, os autores sugerem que os investimentos em infraestrutura podem expor regiões a uma competição mais acirrada, impactando negativamente o crescimento no curto prazo. Com efeito, Queiroz (2017) ressalta que a insuficiente dotação de infraestruturas no Brasil, é prejudicial ao crescimento econômico do país, realçando a necessidade de implementação de políticas públicas voltadas à melhoria dos transportes.

Os investimentos realizados em infraestrutura rodoviária, capturados pela variável INVEST, reporta um coeficiente positivo com uma de significância estatística a 5% nos modelos IV e VII e uma significância de 10% nos modelos VI e VIII. Este resultado indica que maiores investimentos em rodovias, ajustados pela área do estado, estão associados a um maior crescimento econômico. Este achado é consistente com a literatura. Por exemplo, o estudo de Campos e Simões (2013) destaca a relevância dos investimentos em infraestrutura para o desenvolvimento econômico estadual. A melhoria da infraestrutura de transporte facilita a expansão dos mercados e a criação de empregos, Lakshmanan (2008) e Bertussi e Ellery (2012) corroboram esta perspectiva ao demonstrarem que os investimentos públicos no setor de transportes têm um efeito positivo e estatisticamente significativo no desempenho econômico dos estados brasileiros, especialmente nas regiões menos desenvolvidas do país, onde esses investimentos são ainda mais produtivos. Já Maciulyte-Sniukiene e Butkus (2022) destacam que os investimentos em infraestrutura podem ter um impacto positivo, mas dependem de fatores como nível de desenvolvimento econômico e qualidade da infraestrutura já existente. Esses achados reforçam a importância dos investimentos em infraestrutura de transporte para a promoção do crescimento econômico e a redução das desigualdades regionais.

Com referência às variáveis macroeconômicas, a taxa de juros básica da economia - SELIC, reportou um coeficiente negativo com uma significância estatística a 1% em todos os modelos, indicando que taxas de juros mais altas têm um impacto adverso no crescimento

econômico. Altas taxas de juros desencorajam o investimento público e privado, pois aumenta o custo do capital e reduzindo o crescimento econômico. Este resultado é consistente com a literatura que sugere que a estabilidade econômica e taxas de juros baixas são fundamentais para promover o crescimento econômico. Por exemplo, o estudo de Taderera et al. (2021) sobre os países da União Aduaneira da África Austral (SACU) corrobora esta conclusão, mostrando que a taxa de juros tem um impacto negativo no crescimento econômico a longo prazo. O estudo mostra como um aumento nas taxas de juros reduz o PIB, reforçando a ideia de que políticas monetárias que mantêm taxas de juros mais baixas, incentivam o crescimento econômico ao tornar o capital mais acessível para investimentos.

O coeficiente da variável IPCA, que mede a inflação acumulada no ano, foi positivo com grau de significância estatística de 1% em todos os modelos. Este resultado pode indicar que períodos de inflação moderada estão associados a uma economia aquecida. Este achado é consistente com o estudo de Taderera et al. (2021) sobre os países da SACU, que demonstraram que a inflação tem um impacto positivo no crescimento econômico a longo prazo, mas é contrário aos resultados encontrados por Maciulyte-Sniukiene e Butkus (2022) para o grupo de países da União Europeia e por Calderón e Servén (2004) que encontraram efeitos adversos da inflação no crescimento econômico. Taderera et al. (2021) sugerem que níveis moderados de inflação podem incentivar o crescimento econômico ao aumentar a demanda agregada e estimular a produção. No entanto, é crucial monitorar a inflação para evitar que níveis excessivamente altos prejudiquem a economia, conforme discutido por Taderera et al. (2021), que alertam para os efeitos adversos da inflação elevada sobre a estabilidade econômica.

A taxa de câmbio CAMBIO reportou um sinal negativo e estatisticamente significativo a 1% apenas nos modelos I e III, sugerindo que uma taxa de câmbio mais alta (real mais desvalorizado) tem um efeito adverso sobre o PIB per capita. A desvalorização do real aumenta os custos de importação, impactando negativamente no poder de compra e, com sequentemente no crescimento econômico. Este resultado é consistente com a literatura que destaca a importância de uma moeda estável para a promoção do crescimento econômico. Com efeito, Calderón e Servén (2004) mostram que a supervalorização do câmbio real tem um efeito adverso significativo no crescimento econômico, indicando que tanto uma moeda excessivamente valorizada quanto uma desvalorização abrupta podem ser prejudiciais. A supervalorização reduz a competitividade das exportações e desestimula a produção doméstica, enquanto a desvalorização aumenta os custos de importação e a inflação, afetando o crescimento. Portanto, a estabilidade cambial é crucial para manter um ambiente econômico favorável ao crescimento sustentável.

Em síntese, os resultados obtidos no presente estudo são consistentes com a literatura existente sobre a relação entre infraestrutura de transporte e crescimento econômico, a exemplo de Campos e Simões, (2013). O presente estudo inova ao fazer uma análise para um período mais recente, 2001 a 2023. Com efeito, os resultados reportados para as variáveis INFRA e INVEST mostram que os investimentos em infraestrutura rodoviária são essenciais para o crescimento econômico estadual destacando a necessidade de uma estabilidade econômica, mensurada pelas variáveis SELIC (juros) , IPCA (inflação) e CAMBIO (taxa de Câmbio).

A discussão dos resultados obtidos evidencia a importância dos investimentos em infraestrutura rodoviária para o crescimento econômico dos estados brasileiros. Contudo, além de identificar os efeitos diretos desses investimentos, é fundamental considerar como esses impactos podem ser integrados nas análises econômicas de projetos de infraestrutura.

### 4.3 Análise de Robustez

A variável VAR.INFRA, que mede a variação percentual da infraestrutura rodoviária (dotação entre diferença inicial e final), reportou um efeito negativo no crescimento do PIB. Apesar de este resultado estar alinhado com Crescenzi e Rodríguez-Pose (2008), que sugerem que investimentos em infraestrutura podem expor regiões a um nível de concorrência excessivo, o que por sua vez pode impactar negativamente no crescimento econômico de curto prazo. Nesta seção, são conduzidos dois testes de robustez para analisar com detalhe o efeito do investimento em infraestrutura rodoviária no crescimento do PIB.

Assim, a amostra estudada foi dividida de acordo com dois critérios específicos. Primeiro critério, os estados foram classificados em estados desenvolvidos e em vias de desenvolvimento, com base no PIB per capita. Essa abordagem permite analisar se os impactos das variáveis investimento em rodovia sobre o crescimento são diferentes (em magnitude) entre estados com níveis distintos de desenvolvimento econômico. Segundo critério, subdividiu-se a amostra em dois períodos distintos. Nesta partição teve-se em consideração o Gráfico 2, que mostra a evolução dos investimentos em infraestrutura rodoviária entre 2001 e 2022. O primeiro período considerado é o período entre 2001 e 2012, caracterizado por um aumento substancial nos investimentos em infraestrutura rodoviária; o segundo, entre 2013 e 2023, é marcado por uma notável retração no nível de investimentos em infraestrutura rodoviária.

Estas sub análises são relevantes, pois permitem uma análise mais detalhada e segmentada dos dados, por regiões e períodos, possibilitando a identificação de padrões específicos, que podem não ser visíveis na análise global. Dessa forma, é possível obter uma compreensão

mais profunda dos efeitos das variáveis estudadas sobre o crescimento econômico dos estados brasileiros.

#### 4.3.1 Estados Desenvolvidos versus Estados em Vias de Desenvolvimento

Inspirado em Bertussi e Ellery (2012), para a classificação dos estados brasileiros em desenvolvidos e em vias de desenvolvimento, considerou-se o valor do PIB per capita de 2001, o início do período de estudo. Calculada a mediana do PIB, os estados foram divididos em dois grupos: o grupo com valores do PIB inferior à mediana, representando os estados em vias de desenvolvimento, e o grupo com valores do PIB superiores à mediana, representando os estados desenvolvidos. A tabela 6 representa a distribuição dos diferentes estados pelos dois grupos.

*Tabela 6: estados divididos em dois grupos em função do PIB.*

<b>ESTADOS EM VIAS DE DESENVOLVIMENTO</b>		<b>ESTADOS DESENVOLVIDOS</b>	
<b>ESTADO</b>	<b>PIB PER CAPITA EM 2001</b>	<b>ESTADO</b>	<b>PIB PER CAPITA EM 2001</b>
Maranhão	4,88	Roraima	11,15
Piauí	4,92	Goiás	12,15
Paraíba	6,03	Amazonas	12,54
Alagoas	6,35	Mato Grosso	13,50
Ceará	6,87	Mato Grosso do Sul	13,56
Tocantins	8,01	Minas Gerais	13,77
Bahia	8,09	Paraná	16,15
Pernambuco	8,15	Espírito Santo	16,24
Pará	8,21	Rio Grande do Sul	19,26
Rio Grande do Norte	8,29	Santa Catarina	20,88
Acre	8,48	Rio de Janeiro	21,29
Sergipe	8,68	São Paulo	23,42
Rondônia	9,34	Distrito Federal	48,00
Amapá	9,52		

Nota: PIB per capita dos estados a preços de 2010, em R\$ 1.000,00.

A Tabela 7 reporta o sumário dos resultados estimados pelos efeitos fixos para cada um dos grupos: estados em vias de desenvolvimento (14 estados) e desenvolvidos (13 estados)<sup>1</sup>. O apêndice 1 reporta de forma detalhada os diferentes modelos estimados.

<sup>1</sup> Os resultados aqui reportados correspondem ao modelo VIII do apêndice 1 para cada um dos grupos.

Tabela 7: Impacto do investimento em rodovias no PIB nos estados em vias de desenvolvimento desenvolvidos.

Variável	Estados em Vias de Desenvolvimento	Estados Desenvolvidos
<b>INFRA</b>	22.26614 ** (8.4899)	36.55766** (13.5290)
<b>VAR.INFRA</b>	-1.301679 *** (0.2044)	-1.894199 ** (0.7337)
<b>INVEST.</b>	0.4501206 ** (0.1546)	0.2696332 (0.2821)
<b>SELIC</b>	-0.194705 *** (0.0169)	-0.378652 *** (0.04137)
<b>IPCA</b>	0.1095616*** (0.0262)	0.2177566 *** (0.02944)
<b>CAMBIO</b>	0.2553323 (0.1905)	-0.3037722 (0.4968)
<b>_cons</b>	7.313588 *** (1.4753)	22.74263 *** (3.4476)
<b>Obs</b>	265	245
<b>R-sd within</b>	0.6248	0.5158

Notas: ver Tabela 2 para a definição das variáveis. \*\*\*, \*\*, \* indicam correlações estatisticamente significativas a 1%, 5% e 10% respectivamente. Os erros padrões reportados em parêntesis foram corrigidos pela opção robust.

Os resultados para a variável INFRA indicam um impacto positivo e estatisticamente significativo no PIB per capita tanto para estados desenvolvidos quanto para estados em vias de desenvolvimento, mas a magnitude dos coeficientes foi diferente. Nos estados em vias de desenvolvimento, o coeficiente foi de 22.26614, enquanto que nos estados desenvolvidos, o coeficiente foi de 36.55766, ambos estatisticamente significativos ao nível de 5%. Este resultado sugere que um maior estoque de rodovias pavimentadas, ajustado pela área do estado, está associado a um aumento no PIB per capita em ambos os grupos de estados, mas o seu impacto é maior nos estados desenvolvidos. Este resultado converge aos achados de Han et al. (2020), que observaram um impacto positivo e superior do estoque de infraestruturas no PIB para economias desenvolvidas em comparação a economias em desenvolvimento. Este resultado evidencia que o estoque de infraestrutura rodoviária tem um efeito maior em estados mais desenvolvidos. A qualidade das rodovias existentes em cada estado, variável que não foi incluída no presente trabalho, também poderia ajudar a explicar estes efeitos de diferente magnitude.

A variável VAR.INFRA apresentou um impacto negativo significativo em ambos os grupos de estados. Nos estados em desenvolvimento, o coeficiente foi de -1.301679, enquanto nos estados desenvolvidos, o coeficiente foi de -1.894199, ambos estatisticamente significativos ao nível de 5%. Esse resultado indica que o crescimento do estoque de infraestrutura rodoviária tem um impacto negativo no PIB per capita, possivelmente devido aos altos

custos iniciais de construção e adaptação antes que os benefícios econômicos sejam plenamente percebidos. Este resultado diverge dos achados de Bertussi e Ellery (2012), que não observaram um impacto negativo significativo do crescimento da infraestrutura. Com efeito, os investimentos contínuos em infraestrutura são necessários para sustentar o crescimento econômico, especialmente em regiões menos desenvolvidas. A discrepância de resultados pode ser explicada pelos diferentes contextos e períodos analisados, com variações nas condições econômicas e de implementação dos projetos de infraestrutura.

A variável INVEST mostrou-se positiva e significativa ao nível de 5% nos estados em vias de desenvolvimento (coeficiente de 0.4501206), sugerindo que maiores investimentos em rodovias estão associados a um aumento no PIB per capita desses estados. Em contraste, nos estados desenvolvidos, a variável não foi significativa (coeficiente de 0.2696332).

Com efeito, Bertussi e Ellery (2012) também concluíram que investimentos públicos em infraestrutura de transporte são essenciais para o crescimento econômico, mas que esses investimentos são particularmente produtivos nas regiões menos desenvolvidas do país. Estes resultados sugerem que os investimentos em infraestrutura rodoviária são mais produtivos nas regiões menos desenvolvidas do país, comparativamente aos estados mais desenvolvidos evidenciando que a produtividade marginal do capital investido em infraestrutura é maior em regiões menos desenvolvidas, Calderón e Servén (2004). Os estados em vias de desenvolvimento parecem assim beneficiar substancialmente mais de novos investimentos em infraestrutura rodoviária que os estados desenvolvidos, os quais podem já ter atingido um nível de saturação, onde novos investimentos não resultam em ganhos econômicos tão expressivos.

A taxa SELIC (taxa de juro) apresentou um impacto negativo e estatisticamente significativo em ambos os grupos de estados. Nos estados em vias de desenvolvimento, o coeficiente foi de -0.194705, enquanto nos estados desenvolvidos, o coeficiente foi de -0.378652, ambos significativos ao nível de 1%. As taxas de juros mais altas têm um impacto adverso no crescimento econômico, não incentivando o investimento ao aumentar o custo do capital. A política monetária deve, pois, considerar o impacto das taxas de juros no crescimento econômico, uma taxa de juros mais baixa pode promover um ambiente econômico mais favorável para o crescimento, Taderera et al. (2021).

A variável IPCA (taxa de inflação) apresentou resultados divergentes entre os dois grupos de estados. Nos estados em vias de desenvolvimento, a inflação teve um impacto positivo significativo (coeficiente de 0.1095616, ao nível de 1%), sugerindo que a inflação dentro dos níveis observados está associada a uma economia aquecida. Nos estados desenvolvidos, a inflação teve um impacto negativo significativo (coeficiente de -0.2177566, ao nível de 1%),

indicando que a inflação é prejudicial ao crescimento econômico. Estes resultados são corroborados pelos encontrados por Taderera et al. (2021) sobre os países da SACU, que demonstraram que a inflação tem um impacto positivo no crescimento econômico a longo prazo, mas é contrário aos resultados encontrados por Maciulyte-Sniukiene e Butkus (2022) para o grupo de países desenvolvidos da União Europeia. Uma relação positiva entre a inflação e o crescimento econômico pode ser benéfica para o crescimento econômico, embora o nível ideal deva ser cuidadosamente monitorado para evitar efeitos adversos, Taderera et al. (2021).

A variável CAMBIO (taxa de câmbio) não apresentou significância estatística em nenhum dos grupos de estados. Nos estados em vias de desenvolvimento, o coeficiente foi de 0.2553323 (não significativo), e nos estados desenvolvidos, o coeficiente foi de -0.3037722 (não significativo). Esses resultados destacam a importância de uma análise diferenciada para compreender melhor os determinantes do crescimento econômico em diferentes contextos regionais e de desenvolvimento.

Em resumo, os resultados indicam que o impacto dos investimentos em infraestrutura rodoviária no crescimento econômico varia significativamente entre estados em função do seu nível de desenvolvimento. Os resultados confirmam a importância da infraestrutura rodoviária no crescimento econômico, especialmente em estados menos desenvolvidos, e destacam a necessidade de políticas públicas direcionadas para maximizar os benefícios desses investimentos. Assim, é essencial considerar as especificidades regionais ao formular políticas de desenvolvimento econômico, garantindo que os investimentos em infraestrutura e as políticas macroeconômicas sejam adequadamente adaptadas às necessidades e condições de cada região. Dessa forma, será possível promover um crescimento econômico mais equilibrado e sustentável, contribuindo para a redução das desigualdades regionais e o fortalecimento da economia nacional como um todo.

#### 4.3.2 Estimações por Períodos

Para avaliar a robustez dos resultados, a amostra foi dividida em dois subperíodos distintos com base nos níveis de investimentos em infraestrutura rodoviária. O primeiro subperíodo abrange os anos de 2001 a 2012, caracterizado por um aumento substancial nos investimentos em infraestrutura rodoviária. O segundo subperíodo compreende os anos de 2013 a 2023, marcado por uma retração nos níveis de investimento vide gráfico 2. A Tabela 8 reporta o sumário dos resultados para cada variável nos dois subperíodos<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Os resultados aqui reportados correspondem ao modelo VIII do apêndice 2 para cada um dos grupos.

Tabela 8: Impacto do investimento em rodovias no PIB dos estados brasileiros por período.

Variável	Período de 2001 a 2012	Período de 2013 a 2023
<b>INFRA</b>	108.16*** (16.6697)	11.0899* (6.3716)
<b>VAR.INFRA</b>	-0.2175 (0.2615)	-0.0385 (0.3326)
<b>INVEST.</b>	-0.0348 (0.1788)	-0.0896 (0.1198)
<b>SELIC</b>	-0.1739*** (0.0172)	-0.1217*** (0.0352)
<b>IPCA</b>	0.2216*** (0.0273)	0.0742** (0.0326)
<b>CAMBIO</b>	-1.42699*** (0.3697)	-0.6052*** (0.1949)
<b>_cons</b>	14.59579*** (1.9784)	19.7629*** (1.3275)
<b>Obs</b>	297	213
<b>R-sd within</b>	0.6793	0.2789

Notas: ver tabela 2 para a definição das variáveis. \*\*\*, \*\*, \* indicam correlações estatisticamente significativas a 1%, 5% e 10% respectivamente. Os erros padrões reportados em parêntesis foram corrigidos pela opção robust.

Ao dividir a análise em dois subperíodos, é possível observar como as mudanças nos níveis de investimento em infraestrutura rodoviária afetam o crescimento econômico ao longo do tempo. No período de 2001 a 2012, a variável INFRA, que mede o estoque de rodovias pavimentadas ajustado pela área do estado, apresentou um coeficiente positivo e altamente significativo (108.16,  $p < 0.01$ ). Este resultado sugere que a infraestrutura rodoviária teve um papel fundamental no crescimento econômico dos estados brasileiros durante este período, facilitando o comércio, reduzindo custos logísticos e promovendo a integração regional. Entre 2013 e 2023, embora o coeficiente da variável INFRA tenha permanecido positivo (11.0899,  $p < 0.10$ ), sua magnitude foi consideravelmente menor e estatisticamente significativo apenas a 10%. Isso indica que, apesar de contribuir para o crescimento econômico, o impacto marginal dos investimentos em infraestrutura rodoviária foi menos pronunciado. A redução dos níveis de investimento durante esses anos, também poderia justificar este resultado.

A variável VAR.INFRA, que representa o crescimento do estoque de rodovias pavimentadas, mostrou um coeficiente negativo em ambos os subperíodos, mas sem significância estatística. No primeiro subperíodo, o coeficiente foi de -0.2175, enquanto no segundo foi

de -0.0385. Estes resultados indicam que o crescimento da infraestrutura rodoviária não teve um impacto significativo no PIB per capita. Os coeficientes da variável INVEST, representando os investimentos federais em rodovias, foram negativos e não significativos nos dois subperíodos, com valores de -0.0348 e -0.0896, respectivamente. Este resultado pode indicar que os níveis de investimento não foram suficientes para gerar efeitos substanciais ou que os benefícios desses investimentos demoram mais tempo para se manifestar plenamente.

Os resultados referentes às variáveis macroeconômicas - taxa SELIC (taxa juro), variável IPCA (taxa de inflação) e variável CAMBIO (taxa de câmbio), apresentaram resultados estatisticamente significativos a 1% de significância nos dois períodos em análise. Os valores de -0.1739 ( $p < 0.01$ ) e -0.1217 ( $p < 0.01$ ) foram reportados para a taxa SELIC; a variável IPCA registou os valores de 0.2216 ( $p < 0.01$ ) e 0.0742 ( $p < 0.05$ ), os valores para a variável CAMBIO foram de -1.42699 ( $p < 0.01$ ) e -0.6052 ( $p < 0.01$ ), para os períodos de 2001-2012 e 2023-2021, respectivamente.

Os resultados indicam que o impacto das variáveis analisadas no crescimento econômico dos estados brasileiros variou entre os dois subperíodos. No período de 2001 a 2012, caracterizado por um aumento nos investimentos em infraestrutura, os efeitos positivos no crescimento econômico foram mais evidentes. No entanto, de 2013 a 2023, com a retração nos níveis de investimento, os impactos positivos foram menos pronunciados. Estes resultados sugerem a necessidade de investimentos contínuos e adequados em infraestruturas rodoviárias para sustentar o crescimento econômico a longo prazo. A promoção deste crescimento econômico contínuo, depende em muito das políticas macroeconômicas. Esses achados reforçam a relevância de uma infraestrutura de transporte de qualidade e de políticas econômicas bem calibradas para promover o desenvolvimento econômico sustentável nos estados brasileiros.

## 5 Conclusão

Este estudo investigou o impacto dos investimentos em infraestrutura rodoviária no crescimento econômico dos estados brasileiros. O objetivo central foi avaliar como os investimentos em infraestrutura rodoviária influenciam o crescimento econômico dos estados brasileiros. Para tal, recolheu-se informações sobre o Produto Interno Bruto (PIB) per capita dos estados a preços de 2010, o estoque existente de rodovias pavimentadas no estados ajustado por sua área geográfica (INFRA), o crescimento do estoque de rodovias pavimentadas entre o ano corrente e o ano anterior (VAR.INFRA), o investimentos federais em rodovias no ano, ajustado a preços de 2010 e normalizado pela área geográfica de cada estado (INVEST.), a taxa de juro do Sistema Especial de Liquidação e Custódia (SELIC) média no ano, a taxa de inflação medida pelo Índice de Preços ao Consumidor (IPCA) acumulada do ano e a taxa de câmbio média do ano (CAMBIO) para os 26 estados brasileiros mais o Distrito Federal, cobrindo o período de 2001 a 2023. Os dados foram recolhidos de diferentes de fontes, como o Departamento de Infraestrutura de Transportes (DNIT), Siga Brasil, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Utilizando os estimadores de efeitos fixos, os resultados encontrados para a variável INFRA indicam que o estoque de infraestrutura existente tem um impacto significativo e positivo no PIB, indicando que o estoque de infraestrutura rodoviária está associado a um aumento no PIB per capita. Quanto à variável VAR.INFRA, os resultados demonstram que o crescimento de rodovias tem um impacto negativo no PIB, o resultado negativo aqui reportado pode refletir um desfasamento entre os investimentos iniciais associados à construção de novas rodovias e a adaptação necessária antes que os benefícios econômicos sejam percebidos. A variável INVEST. apresentou um coeficiente positivo, indicando que maiores investimentos financeiros em rodovias, estão associados a um maior crescimento econômico. Esses achados reforçam a importância dos investimentos em infraestrutura de transporte para a promoção do crescimento econômico e a redução das desigualdades regionais.

Ao dividir a amostra em dois subgrupos, sejam eles: estados em vias de desenvolvimento e estados desenvolvidos, verifica-se que a variável INFRA tem impacto positivo em ambos os grupos, mas com magnitude maior no subgrupo formado pelos estados desenvolvidos. Este resultado evidencia que o estoque de infraestrutura rodoviária tem um efeito maior em estados mais desenvolvidos. A variável VAR.INFRA, apresentou impacto negativo significativo em ambos os grupos de estados, esse resultado indica que o crescimento do estoque de infraestrutura rodoviária tem um impacto negativo no PIB per capita,

possivelmente devido aos altos custos iniciais de construção e adaptação antes que os benefícios econômicos sejam plenamente percebidos. A variável INVEST mostrou-se positiva e significativa nos estados em vias de desenvolvimento sugerindo que maiores investimentos em rodovias estão associados a um aumento no PIB per capita desses estados. Em contraste, nos estados desenvolvidos, a variável não foi significativa. Os estados em vias de desenvolvimento parecem, assim, se beneficiar substancialmente mais de novos investimentos em infraestrutura rodoviária que os estados desenvolvidos, os quais podem já ter atingido um nível de saturação, onde novos investimentos não resultam em ganhos econômicos tão expressivos.

Ao dividir a amostra em dois subperíodos temporais, quais sejam: primeiro subperíodo compreendido entre os anos 2001 e 2012 e o segundo subperíodo compreendido entre os anos de 2013 e 2023, verifica-se que a variável INFRA apresentou coeficiente positivo em ambos os subperíodos, mas com magnitude maior no primeiro subperíodo, indicando que, apesar de contribuir para o crescimento econômico, o impacto marginal dos investimentos em infraestrutura rodoviária foi mais pronunciado no primeiro subperíodo. Tanto a variável VAR.INFRA quanto a variável INVEST. não foram significantes no impacto do PIB nos subperíodos analisados. Estes resultados podem indicar que os níveis de investimento não foram suficientes para gerar efeitos substanciais ou que os benefícios desses investimentos demoram mais tempo para se manifestar plenamente.

Com referência às variáveis macroeconômicas, a taxa de juros básica da economia - SELIC, reportou um coeficiente negativo, indicando que taxas de juros mais altas têm um impacto adverso no crescimento econômico. O coeficiente da variável IPCA, foi positivo, sugerindo que a inflação acumulada do ano está correlacionada positivamente com o crescimento econômico. Já a taxa de câmbio CAMBIO reportou um sinal negativo, sugerindo que uma taxa de câmbio mais alta (real mais desvalorizado) tem um efeito adverso sobre o PIB per capita.

Esses achados contribuem para a teoria do crescimento endógeno, que considera a infraestrutura como fator interno que contribui para o desenvolvimento econômico visto que a infraestrutura melhora a produtividade, reduz os custos de transação e estimula o investimento privado. Infraestruturas eficazes criam externalidades positivas, como aglomerações industriais e economias de escala.

Os resultados demonstram que nos estados desenvolvidos, a infraestrutura existente tem um impacto mais significativo no PIB, enquanto nos estados em vias de desenvolvimento, os novos investimentos financeiros em infraestrutura rodoviária são mais produtivos. Estes resultados sugerem que a infraestrutura já existente nos estados desenvolvidos é utilizada

de forma mais eficiente, enquanto os estados em desenvolvimento ainda estão construindo sua base de infraestrutura.

Como contribuições práticas, os resultados deste estudo fornecem dados relevantes para a (re)formulação de políticas públicas. Evidenciam que investimentos direcionados em infraestrutura rodoviária são uma estratégia eficaz para estimular o crescimento econômico e reduzir disparidades regionais. Ao nível teórico, este estudo evidencia a limitação dos métodos tradicionais de avaliação econômica de projetos de infraestrutura rodoviária, mostrando a necessidade de uma abordagem mais ampla, que inclua o impacto no PIB da região de influência dos projetos como benefício esperado.

Entre as limitações do estudo, destaca-se a o uso de dados agregados apenas, que podem não capturar todas as diferenças locais. A qualidade das rodovias não foi incluída na análise do presente trabalho devido à falta de dados desta natureza agregados a nível estadual. O contributo desta variável poderá explicar também as diferenças significativas nos impactos econômicos entre as diferentes regiões. A análise focou-se em variáveis agregadas a nível estadual, mas poderia se beneficiar em futuras pesquisas de uma abordagem mais microeconômica desagregando os dados em função de projetos executados ao longo dos últimos anos, avaliando o impacto de cada projeto implantado na sua respectiva região de influência econômica.

Assim, futuras pesquisas poderiam explorar o impacto na implantação de projetos rodoviários nas suas respectivas regiões de influência, bem como analisar os efeitos diretos e indiretos dos investimentos em infraestrutura rodoviária. Sugere-se assim o desenvolvimento de modelos de avaliação econômica que incorporem os benefícios diretos e indiretos dos investimentos em infraestrutura no PIB das áreas de influência destes investimentos. Esses modelos de avaliação econômica podem ir além das métricas tradicionais de custo-benefício, considerando fatores como a expansão do PIB nas áreas de influência. A integração desses elementos pode proporcionar uma visão mais completa e precisa dos impactos econômicos de longo prazo dos investimentos em infraestrutura. Ademais, a inclusão de variáveis qualitativas e a consideração da qualidade das rodovias também podem enriquecer as análises, proporcionando uma base empírica mais robusta para a formulação de políticas públicas.

Em resumo, este estudo contribui para um entendimento mais aprofundado sobre a relação entre infraestrutura rodoviária e crescimento econômico no Brasil. Espera-se que os resultados influenciem positivamente a (re)formulação de políticas públicas.

# Bibliografia

- Aschauer, D. A. (1989). Is public expenditure productive? *Journal of Monetary Economics*, 23(2), 177-200, ISSN 0304-3932.
- Banister, D., & Berechman, Y. (2001). Transport investment and the promotion of economic growth. *Journal of Transport Geography*, 9(3), 209-218, ISSN 0966 6923.
- Bertussi, G. L., & Ellery Jr, R. (2012). Infraestrutura de transporte e crescimento econômico no Brasil. *Journal of Transport Literature*, 6(4), 101-132.
- Calderón, C., & Servén, L. (2004). The effects of infrastructure development on growth and income distribution. *Policy Research Working Paper*, (3400).
- Campos, Sthefania. Simões, Rodrigo. Infraestrutura de Transportes e Determinantes do Desenvolvimento no Brasil. XXXIX Encontro Nacional de Economia. ANPEC-Associação Nacional dos Centros de Pós-graduação em Economia, 2013.
- Cigu, E.; Agheorghiesei, D.T.; Gavriluta (Vatamanu), A.F.; Toader, E. Transport Infrastructure Development, Public Performance and Long-Run Economic Growth: A Case Study for the Eu-28 Countries. *Sustainability* 2019, 11, 67.
- Crescenzi, R.; Rodríguez-Pose, A. Infrastructure endowment and investment as determinants of regional growth in the European Union. In: *Infrastructure investment, growth and cohesion: the economics of regional transport investment – European Investment Bank (EIB) 2008*.
- Couto, A. B.; Lima, L. C.; Santos, G. A. (2010). Economic Evaluation of Transport Projects in Brazil: Lessons Learned and Recommendations. *Revista de Administração Pública*, 44(1), 87-117.
- Ferreira, S. N. D., Teixeira, E. C., & Silva, G. D. (2019). Infraestrutura de transporte rodoviário e crescimento econômico no Brasil. *Revista Brasileira de Logística*, 5(2), 251-263.
- Grant-Muller, S. M., MacKie, P., Nellthorp, J., & Pearman, A. (2001). Economic appraisal of European transport projects: the state-of-the-art revisited. *Transport Reviews*, 21(2), 237-261.
- Han, X., Su, J., & Thia, J. P. (2020). Impact of Infrastructure Investment on Developed and Developing Economies. *Asian Infrastructure Investment Bank*.
- Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea). (2010). *Rodovias brasileiras: gargalos, investimentos, concessões e preocupações com o futuro*.
- Korytárová, J., & Hromádka, V. (2014). The Economic Evaluation of Megaprojects – Social and Economic Impacts. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 119, 495-502.
- Lemos, E. (2017). *Viabilidade econômica de empreendimentos rodoviários: A incerteza nos Custos Sociais e Ambientais*.
- Lenz, N.V.; Skender, H.P.; Adelajda Mirkovi´c, P.A. The macroeconomic effects of transport infrastructure on economic growth: The case of Central and Eastern, E.U. member states. *Econ. Res. Ekon Istraz.* 2018, 31, 1953–1964.
- Luz, J.; Reis, J.; Leite, F.A.; Araújo, K.; Moritz, G. Effects of Transport Infrastructure in the Economic Development. In *Proceedings of the IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems (APMS)*, Iguassu Falls, Brazil, 2016.
- Maciulyte-Sniukiene, A.; Butkus, M. Does Infrastructure Development Contribute to EU

Countries' Economic Growth? Sustainability 2022, 14, 5610.  
<https://doi.org/10.3390/su14095610>

Miyabukuro, S. B. (2014). Estudo da análise de custo-efetividade no planejamento de políticas público-privadas de longo prazo integrada à análise de custo-benefício. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Muniz, L. E. T. (2017). Análise Custo-Benefício de Projetos Rodoviários nos EVTAS.

Odeck, J., & Kjerkreit, A. (2019). Ex-ante and ex-post cost-benefit analyses of Norwegian road projects: An empirical comparison. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 120, 277-294.

Palei, T. (2015). Assessing The Impact of Infrastructure on Economic Growth and Global Competitiveness. *Procedia Economics and Finance*, 23, 168-175.

Paulo Guimarães, Dados em Painel. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Estatística*, 2009. ISSN: 1646-5903.

Pesquisa CNT de rodovias 2023. (2023). Brasília: CNT : SEST SENAT : ITL.

Pradiptyo, R., & Perdana, A. T. (2017). Economic evaluation of transportation projects: A financial computable general equilibrium model for Indonesia. *Journal of Transport Geography*, 64, 1-11.

Queiroz, S. L. (2017). Os efeitos em infraestrutura de transporte rodoviário sobre o crescimento econômico brasileiro. M.Sc., Universidade Federal de Viçosa.

Santos, M. R. M. (2012). Conselhos municipais e a participação cívica na gestão das políticas públicas: o caso da metrópole fluminense. *Cadernos Metrópole*, (07), 97-112.

Silveira-Santos, T., & Picado Santos, L. (2018). Indicadores de desempenho da avaliação da condição de estradas e pavimentos de rodovias brasileiras.

Taderera, Christie, Raynold Runganga, Simbarashe Mhaka, and Syden Mishi. "Inflation, Interest Rate and Economic Growth Nexuses in SACU Countries." *Munich Personal RePEc Archive*, January 19, 2021. Accessed [10/05/2024]. <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/105419/>.

Turolla, F., Cattani, Y., Margarido, M., Takeda, H., Hirata, S., Nirschl Silva, P. H., Komesu, D., Oliveira, G., & Fiuza de Bragança, G. (2022). INFRA2038 | Relatório Anual 2021-2022 - As batidas do martelo e a trajetória dos investimentos em infraestrutura. 10.13140/RG.2.2.18012.46725.

Veiga, José Eli da. *Desenvolvimento sustentável: o desafio do século XXI*. Rio de Janeiro: Garamond, 2005. 220p. ISBN 85-7617-051-5.

Zhang, Y., Geerlings, H., & van Wee, B. (2021). Transport Infrastructure Investment and Regional Economic Development: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Transport Reviews*, 41(4), 465-492.

# Apêndice 1

Apêndice 1.1: impacto do investimento em rodovias no PIB dos estados em vias de desenvolvimento.

Variável	Modelo I	Modelo II	Modelo III	Modelo IV
INFRA		20.31863 ** (9.091874)		
VAR.INFRA			-1.114204 *** (0.1469512)	
INVEST.				0.4844243 ** (0.1596489)
SELIC	-0.2395722 *** (0.0185565)	-0.2412362 *** (0.0177442)	-0.2265289 *** (0.0180291)	-0.1999158 *** (0.0177645)
IPCA	0.112504 *** (0.0158616)	0.081687 *** (0.0248536)	0.1432596 *** (0.017187)	0.1075259 *** (0.0199876)
CAMBIO	-0.1938969 (0.114829)	-0.0264592 (0.1582341)	-0.2339466 (0.1160771)	0.1309888 (0.1780664)
_cons	12.7209 *** (0.2592372)	11.77353 *** (0.4838978)	12.56414 *** (0.2554159)	8.199896 *** (1.452069)
Obs	280	280	266	279
R-sd within	0.5236	0.5516	0.5374	0.5713
Variável	Modelo V	Modelo VI	Modelo VII	Modelo VIII
INFRA	20.57401 ** (9.229179)	22.19366 ** (8.265383)		22.26614 ** (8.489912)
VAR.INFRA	-1.345867 *** (0.1885258)		-1.052 *** (0.1437345)	-1.301679 *** (0.2044468)
INVEST.		0.4746515 ** (0.1537021)	0.4645869 ** (0.1628133)	0.4501206 ** (0.1546146)
SELIC	-0.2301232 *** (0.0172764)	-0.2031536 *** (0.0188168)	-0.1889713 *** (0.0161201)	-0.194705 *** (0.0169099)
IPCA	0.1178912 *** (0.0236569)	0.0740726 * (0.0267084)	0.1367845 *** (0.0220605)	0.1095616 *** (0.0261922)
CAMBIO	-0.0684509 (0.160525)	0.3137578 (0.1878713)	0.0791688 (0.1804222)	0.2553323 (0.1905535)
_cons	11.59685 *** (0.5089697)	7.245817 *** (1.473847)	8.236329 *** (1.469091)	7.313588 *** (1.475346)
Obs	266	279	265	265
R-sd within	0.5697	0.6042	0.5876	0.6248

Notas: ver tabela 2 para a definição das variáveis. \*\*\*, \*\*, \* indicam correlações estatisticamente significativas a 1%, 5% e 10% respectivamente. Os erros padrões reportados em parêntesis foram corrigidos pela opção robust.

Apêndice 1.2: impacto do investimento em rodovias no PIB dos estados desenvolvidos.

Variável	Modelo I	Modelo II	Modelo III	Modelo IV
<b>INFRA</b>		42.48413 *** (12.40966)		
<b>VAR.INFRA</b>			-1.000977 (0.7492158)	
<b>INVEST.</b>				0.3045079 (0.2870527)
<b>SELIC</b>	-0.407829 *** (0.0314847)	-0.4064251 *** (0.0318267)	-0.3841371 *** (0.0308563)	-0.3987368 *** (0.040681)
<b>IPCA</b>	0.2450145 *** (0.0248906)	0.1604316 *** (0.0225495)	0.2700686 *** (0.0241325)	0.2470688 *** (0.0274883)
<b>CAMBIO</b>	-0.944492 ** (0.3566335)	-0.4446153 (0.3734076)	-0.9928236 * (0.3470357)	-0.6042986 (0.5096359)
<b>_cons</b>	28.38987 *** (0.9417893)	25.25883 *** (1.360808)	28.19983 *** (0.9782771)	25.25865 *** (3.419208)
<b>Obs</b>	260	260	247	258
<b>R-sd within</b>	0.4364	0.5032	0.4316	0.4719
Variável	Modelo V	Modelo VI	Modelo VII	Modelo VIII
<b>INFRA</b>	43.44811 *** (12.48541)	36.50978 ** (13.57038)		36.55766 ** (13.52901)
<b>VAR.INFRA</b>	-2.476048 ** (0.8013104)		-0.5462112 (0.7126439)	-1.894199 * (0.7336999)
<b>INVEST.</b>		0.2686998 (0.2976645)	0.328372 (0.2654155)	0.2686998 (0.2821188)
<b>SELIC</b>	-0.3902547 *** (0.032512)	-0.3971343 *** (0.0419984)	-0.3724955 *** (0.0383637)	-0.378652 *** (0.0413795)
<b>IPCA</b>	0.2153528 *** (0.0226231)	0.1738859 *** (0.0313276)	0.2619621 *** (0.0268556)	0.2177566 *** (0.0294415)
<b>CAMBIO</b>	-0.5134944 (0.3770503)	-0.2299214 (0.5050105)	-0.6305692 (0.4873781)	-0.3037722 (0.4968046)
<b>_cons</b>	24.94343 *** (1.465705)	22.96284 *** (3.55027)	24.87536 *** (3.220438)	22.74263 *** (3.447573)
<b>Obs</b>	247	258	245	245
<b>R-sd within</b>	0.5034	0.5195	0.4674	0.5158

Notas: ver tabela 2 para a definição das variáveis. \*\*\*, \*\*, \* indicam correlações estatisticamente significativas a 1%, 5% e 10% respectivamente. Os erros padrões reportados em parêntesis foram corrigidos pela opção robust.

## Apêndice 2

Apêndice 2.1: Impacto do investimento em rodovias no PIB dos estados brasileiros entre 2001 e 2012.

Variável	Modelo I	Modelo II	Modelo III	Modelo VIII
INFRA		120.4896 *** (10.43497)		
VAR.INFRA			.35121 (0.295378))	
INVEST.				.0467729 (0.2077706)
SELIC	-.2476193 *** (0.0192721)	-.214147 *** (0.020108)	-.1797393 *** (0.0158608)	-.2459543 *** (0.0210351)
IPCA	.1582381 *** (0.025964)	.1984384 *** (0.0274062)	.1984288 *** (0.0252682)	.1566428 *** (0.0279139)
CAMBIO	-1.32957 *** (0.2596957)	-.9446662 *** (0.2163106)	-1.959342 *** (0.2651986)	-1.269684 ** (0.4415981)
_cons	20.74532 *** (0.5956494)	13.2996 *** (0.7173741)	21.06875 *** (0.6003812)	20.28599 *** (2.348927)
Obs	324	324	297	324
R-sd within	0.5621	0.6622	0.6099	0.5623
Variável	Modelo V	Modelo VI	Modelo VII	Modelo VIII
INFRA	107.719 *** (16.1948)	121.9211 *** (10.61627)		108.16 *** (16.66971)
VAR.INFRA	-.2172548 (0.2597115)		.3471076 (0.300483)	-.2174559 (0.2614621)
INVEST.		-.1096635 (0.2018219)	.0672772 (0.1712476)	-.0348452 (0.1787672)
SELIC	-.1727545 *** (0.0168465)	-.217653 *** (0.0213047)	-.1775122 *** (0.0164282)	-.1738794 *** (0.0171929)
IPCA	.2203065 *** (0.0262041)	.2026562 *** (0.0276748)	.1960314 *** (0.0272752)	.2216378 *** (0.0273239)
CAMBIO	-1.383856 *** (0.203493)	-1.080502 * (0.4136831)	-1.871514 *** (0.4140729)	-1.42699 ** (0.369773)
_cons	14.28089 *** (1.009877)	14.28807 *** (2.177742)	20.40711 *** (1.979479)	14.59579 *** (1.978452)
Obs	297	324	297	297
R-sd within	0.6792	0.6630	0.6103	0.6793

Notas: ver tabela 2 para a definição das variáveis. \*\*\*, \*\*, \* indicam correlações estatisticamente significativas a 1%, 5% e 10% respectivamente. Os erros padrões reportados em parêntesis foram corrigidos pela opção robust.

Apêndice 2.1: Impacto do investimento em rodovias no PIB dos estados brasileiros entre 2013 e 2023.

Variável	Modelo I	Modelo II	Modelo III	Modelo VIII
INFRA		14.73244 ** (5.350777)		
VAR.INFRA			.3797554 (0.2830946)	
INVEST.				-.1127972 (0.1145283)
SELIC	-.0947247 ** (0.0310107)	-.1079376 ** (0.0341886)	-.0824696 ** (0.0276911)	-.1110108 ** (0.0314785)
IPCA	.1051471 ** (0.0369382)	.0462223 (0.0335157)	.0774123 * (0.0309239)	.1154539 ** (0.0381852)
CAMBIO	-.6999196 ** (0.1888963)	-.5994898 ** (0.1776155)	-.696587 ** (0.1878986)	-.6907969 ** (0.2039577)
_cons	19.62364 *** (0.6727982)	19.18558 *** (0.6560953)	19.68051 *** (0.7015451)	20.28655 *** (1.294999)
Obs	216	216	216	213
R-sd within	0.2523	0.3002	0.2550	0.2475
<hr/>				
Variável	Modelo V	Modelo VI	Modelo VII	Modelo VIII
INFRA	15.0036 ** (5.631139)	10.97819 * (5.915201)		11.08992 * (6.371604)
VAR.INFRA	-.1004625 (0.2679409)		.3297718 (0.3036192)	-.0385041 (0.3326779)
INVEST.		-.0908223 (0.115814)	-.1217272 (0.1214361)	-.089556 (0.1198541)
SELIC	-.1114228 ** (0.0336476)	-.1203222 ** (0.0347256)	-.1001811 ** (0.0277407)	-.1216814 ** (0.0352812)
IPCA	.0524749 (0.0295315)	.0717437 * (0.0354639)	.0909502 ** (0.0340888)	.0741599 ** (0.0326041)
CAMBIO	-.5985229 ** (0.1790665)	-.6063538 ** (0.1895353)	-.6935534 ** (0.2063959)	-.6051725 ** (0.1949613)
_cons	19.16247 *** (0.6889205)	19.78287 *** (1.234998)	20.41376 *** (1.394339)	19.76289 *** (1.327503)
Obs	216	213	213	213
R-sd within	0.3003	0.2789	0.2499	0.2789

Notas: ver tabela 2 para a definição das variáveis. \*\*\*, \*\*, \* indicam correlações estatisticamente significativas a 1%, 5% e 10% respectivamente. Os erros padrões reportados em parêntesis foram corrigidos pela opção robust.